COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 DÉCEMBRE 1894,

PRÉSIDENCE DE M. LŒWY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture d'une dépêche par laquelle M. le Président de l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg annonce à l'Académie la mort de M. *Tchébichef*, notre Associé étranger, décédé le 8 décembre.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie la mort de M. *Ferdinand de Lesseps*, Membre libre de l'Académie des Sciences, décédé à la Chesnaye (Indre), le vendredi 7 décembre. Les obsèques doivent avoir lieu dans le courant de cette semaine.

M. le **Président** prend alors la parole et s'exprime comme il suit :

« Vous avez certainement appris, par la voix de la Presse, la mort de notre doyen Ferdinand de Lesseps. Notre Confrère s'est doucement éteint

le 7 décembre, à l'âge de 89 ans, dans sa propriété de la Chesnaye. Bien des orages ont passé dans ces derniers temps sur la tête de ce vieillard illustre. Peut-être ne faut-il pas trop regretter que le déclin de ses forces l'ait rendu, depuis quelques années, presque étranger aux tristes préoccupations d'ici-bas. Son nom restera à jamais attaché à une œuvre immense, dont le succès est dû tout entier à ses glorieux efforts, et qui marquera une date mémorable dans l'histoire de la civilisation.

» Je suis sûr d'être l'interprète de vos sentiments en levant la séance en signe de deuil. »

La séance sera levée immédiatement après le dépouillement de la Correspondance.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des différentes variétés de graphite.* Note de M. **Henri Moissan**.

« Nous avons démontré dans un travail précédent que, par une élévation de température suffisante et à la pression ordinaire, le diamant et le carbone amorphe étaient toujours amenés à l'état de graphite.

» Le graphite est donc, à haute température et sans pression, la forme stable du carbone. Nous résumerons aujourd'hui les principales recherches que nous avons entreprises sur cette variété de carbone.

» Je rappellerai d'abord que ce qui caractérise la variété graphite est, d'après M. Berthelot, sa transformation rapide en oxyde graphitique sous l'action de certains mélanges oxydants et, en particulier, du chlorate de potassium et de l'acide nitrique.

» Cette curieuse réaction, découverte par Brodie, permet de transformer le graphite en un composé presque toujours cristallin, qui a la propriété de déflagrer par la chaleur en augmentant beaucoup de volume et en laissant un résidu noir d'oxyde pyrographitique. M. Berthelot a décrit avec soin les conditions de cette oxydation et l'a appliquée à l'étude des graphites autrefois connus. J'ai étendu cette recherche aux nombreux échantillons de graphite que j'ai pu obtenir dans les expériences faites au four électrique [1].

---

[1] Lorsque l'on emploie l'acide azotique fumant et le chlorate de potassium, en suivant exactement les conditions indiquées par M. Berthelot, la couleur de l'oxyde graphitique peut varier du vert ou du marron foncé au jaune, et l'oxydation complète

» J'ai joint à cette première étude la détermination des températures de combustion dans l'oxygène et des densités de plusieurs variétés de graphite. La recherche de la densité présente dans ce cas des difficultés très grandes. Il m'a été impossible de priver certains échantillons des gaz qu'ils semblaient retenir mécaniquement ; aussi les densités ne nous ont pas présenté un accroissement aussi régulier que les vitesses d'oxydation.

» Les graphites que nous avons étudiés ont été préparés par deux procédés différents :

» 1° Action d'une haute température sur le carbone ;

» 2° Cristallisation du carbone sous l'action d'un dissolvant métallique.

I. — Graphites obtenus par l'action d'une haute température.

» *Diamant.* — Jacquelain a déjà donné les propriétés du graphite provenant du diamant chauffé dans l'arc ; nous ajouterons à ces observations que ce graphite affecte une forme cristalline irrégulière. Les cristaux enchevêtrés sont trapus, d'un noir brillant et présentent quelques rares facettes planes. Lorsque l'expérience a été faite avec un courant de 350 ampères et 70 volts, l'attaque par l'acide azotique monohydraté ordinaire et le chlorate de potassium est assez rapide. Après trois attaques, la transformation est complète et il se produit un oxyde graphitique de couleur jaune. A la combustion, ce graphite nous a donné pour 100 de carbone, 99,88 et 0,016 de cendres.

» *Carbone sublimé.* — Le carbone sublimé recueilli sur l'électrode positive de l'arc, carbone sublimé dont j'ai déjà parlé dans un travail précédent, n'a été complètement transformé en employant l'acide azotique fumant ordinaire qu'à la quatrième attaque. L'oxyde graphitique, d'abord verdâtre, est devenu finalement jaune. Ses frag-

---

demande parfois six à huit attaques successives. Il n'en est plus de même lorsque l'on emploie de l'acide azotique préparé au moyen d'azotate de potassium récemment fondu et d'acide sulfurique bouilli employé en grand excès.

Dans ces conditions, en ajoutant à l'acide azotique concentré le graphite sec, puis le chlorate de potassium bien sec par petites quantités, l'oxydation se produit beaucoup plus rapidement et, pour les graphites naturels, elle commence à apparaître dès la fin de la première attaque. On doit employer en chlorate de potassium vingt à trente fois le poids du graphite à transformer. L'attaque doit durer douze heures, et se terminer à la température de 60°.

Il faut avoir grand soin de ne jamais porter tout d'abord ce mélange de chlorate de potassium, d'acide azotique et de carbone à une température de 60°, sous peine d'avoir des explosions souvent assez violentes.

A la fin de ces oxydations, l'oxyde graphitique obtenu en cristaux plus ou moins nets possède toujours le même aspect gras et la même couleur jaune. Dans quelques cas, on obtient un oxyde graphitique presque incolore.

ments parfaitement transparents avaient l'apparence de feuillets contournés ; à l'analyse, il nous a donné les chiffres suivants : carbone 99,90, hydrogène 0,031, cendres 0,017.

» *Carbone des extrémités d'électrode.* — L'extrémité des électrodes est transformée en un graphite compacte, tendre, sans trace de cristallisation, prenant un ton gris sous le moindre frottement et fournissant, à la troisième attaque avec l'acide concentré, un oxyde graphitique jaune.

» *Carbone recueilli sur le tube chaud froid.* — Amas de cristaux noirs brillants donnant à la troisième attaque un oxyde graphitique jaune cristallisé qui se présente sous forme de lames contournées et d'hexagones.

» *Charbon de sucre.* — Le charbon de sucre, purifié au chlore et placé dans un creuset fermé, a été chauffé, pendant dix minutes, sous l'action d'un arc de 350 ampères et 70 volts. L'aspect du charbon est sensiblement le même qu'avant l'expérience ; sa couleur cependant est devenue plus grise. Aucun fragment ne possède l'aspect cristallin, quel que soit le grossissement employé. Il laisse une trace grise sur le papier et, lorsqu'on l'écrase, il prend nettement le ton du graphite. A la troisième attaque par le mélange oxydant, il est transformé en oxyde graphitique jaune pâle qui présente quelques hexagones très réguliers. Ce graphite brûle dans l'oxygène à la température de 660°. Sa densité est de 1,19. Il donne à l'analyse : carbone 99,87, hydrogène 0,032 et cendres 0,110.

» *Charbon de bois.* — Le charbon de bois, préalablement purifié, a été chauffé dans un creuset muni de son couvercle. La chauffe a duré environ dix minutes avec une marche régulière, pendant cinq minutes, de 2200 ampères et 60 volts. L'expérience a dû cesser par suite de projections de chaux fondue tout autour du four.

» Ce charbon de bois a conservé son aspect primitif, mais, sous l'action du plus léger frottement, il prend une couleur grise et devient brillant. Au microscope, les fibres du bois, bien que légèrement altérées, ont à peu près conservé leur forme. Ce graphite est difficilement attaquable par le mélange oxydant, et il fournit un oxyde graphitique d'un jaune très pâle formé, le plus souvent, d'un amas de petits rectangles allongés, ou de masses possédant encore une texture fibreuse.

II. — Cristallisation du carbone sous l'action d'un dissolvant métallique.

» Cette cristallisation peut se produire par deux méthodes différentes, soit que l'on déplace le carbone combiné au métal fondu par un autre corps simple, soit que l'on utilise la différence de solubilité du carbone dans le métal liquide à haute et à basse température. Nous ne nous occuperons aujourd'hui que de ce second procédé.

» D'une façon générale, pour obtenir les graphites des métaux réfractaires, on préparait d'abord le carbure du métal ; puis, dans une nouvelle opération, on saturait ce composé de carbone au moyen du four électrique. Le culot ainsi obtenu était attaqué au rouge par un courant de chlore pur et sec. Le résidu formé par un mélange de charbon amorphe et de gra-

phite était attaqué par l'acide nitrique fumant qui détruit la première variété de carbone. Le graphite restant était traité par l'acide fluorhydrique à l'ébullition, puis par l'acide sulfurique chaud, enfin lavé et séché.

» *Aluminium.* — Lorsque l'on chauffe l'aluminium pendant 5^m à 6^m au four électrique (350 ampères et 70 volts), en présence de charbon de sucre, ou même simplement dans un creuset en charbon, le métal se carbure, et, par refroidissement, on obtient un culot présentant une cassure cristalline jaune et renfermant le carbure d'aluminium C^3Al^4. Si l'on chauffe 10^m à 12^m, le carbure d'aluminium se volatilise en partie, et il reste une substance grise, cassante, poreuse, hérissée de cristaux de graphite. Ce dernier composé est isolé par l'acide chlorhydrique, puis purifié par l'acide nitrique, par l'acide sulfurique et l'acide fluorhydrique. Finalement, il se présente en groupements de petits cristaux très brillants, présentant parfois quelques filaments noirs. Sa densité est de 2,11. Dès la première attaque par le mélange oxydant, le graphite se gonfle et, dès la deuxième, les plus petits fragments sont complètement transformés en oxyde graphitique. L'acide concentré fournit, à la première attaque, un oxyde vert clair qui devient jaune à la seconde.

» *Manganèse.* — Le manganèse préparé au four à vent ne renferme, comme M. Berthelot l'a indiqué, que du carbone amorphe; mais lorsque l'on prend ce carbure de manganèse et qu'on le chauffe pendant quinze minutes en présence d'un excès de carbone sous l'action d'un arc de 350 ampères et 50 volts, le culot métallique qui reste renferme des cristaux de graphite et en est recouvert ([1]). Ce graphite est en lames brillantes assez grandes, présentant de beaux hexagones réguliers. Traité par le mélange oxydant, il fournit à la troisième attaque une transformation complète en oxyde graphitique jaune bien cristallisé.

» *Nickel.* — Le nickel chauffé au four électrique donne un graphite qui, par l'aspect et la forme, rappelle celui de la fonte grise, mais ses cristaux sont beaucoup plus nets. Ils se transforment facilement dès la deuxième attaque en oxyde graphitique.

» *Chrome.* — Les carbures de chrome, que nous avons déjà décrits dans une Note présentée à l'Académie, dissolvent avec facilité du carbone et, par refroidissement, ils laissent un culot métallique qui, par traitement par les acides, fournit des cristaux beaucoup plus petits que ceux du manganèse. Ces cristaux sont irréguliers, moins brillants et ils s'attaquent déjà plus difficilement que les graphites du fer ([2]) et du manganèse, ce qui tient au point de fusion élevé du chrome. Par le mélange oxydant, la transformation ne commence nettement qu'à la troisième attaque. Il se fait un oxyde graphitique, volumineux, jaune pâle, se présentant en masse irrégulière.

([1]) Cette expérience semble être en contradiction avec la démonstration que j'ai donnée précédemment de la facile volatilisation du manganèse au four électrique. Cela tient à ce que le manganèse métallique est beaucoup plus volatil que le manganèse carburé. Ce dernier corps cependant finit aussi par disparaître sous l'action calorifique continue de l'arc électrique.

([2]) Nous décrirons les graphites fournis par le fer dans différentes conditions de température dans une prochaine Note.

» *Tungstène.* — Le point de fusion du tungstène est plus élevé que celui du chrome; son graphite se présente en petits cristaux noirs brillants et d'une forme régulière ne commençant à se transformer en oxyde graphitique qu'à la troisième attaque.

» *Molybdène.* — Le graphite du molybdène se présente en amas de petits cristaux noirs brillants. Parfois ces cristaux forment un véritable feutrage ou sont réunis en masses arrondies. Ils s'attaquent plus difficilement par le mélange oxydant que les précédents. L'oxyde graphitique obtenu est de couleur jaune et de forme plus ou moins régulière.

» *Uranium.* — Amas de petits cristaux noirs et brillants qui ne commencent à s'attaquer avec difficulté par le mélange oxydant qu'à la troisième attaque. Le graphite de l'uranium fournit un oxyde graphitique jaune de forme irrégulière.

» *Zirconium.* — Le graphite de ce métal se présente en un feutrage de petites masses tourmentées présentant des surfaces perforées entourées le plus souvent de filaments plus ou moins longs. Attaque lente et difficile par le mélange oxydant; oxyde graphitique jaune.

» *Vanadium.* — De tous les métaux réfractaires que j'ai pu préparer au four électrique, le vanadium est le plus infusible. Son graphite est rarement cristallisé; il se présente surtout en fragments irréguliers très fins, perforés ou légèrement échancrés et présentant parfois des extrémités arrondies.

» A la troisième et à la quatrième attaque du mélange oxydant, c'est à peine si quelques fragments commencent à se transformer en oxyde graphitique. En continuant l'action du chlorate et de l'acide, on obtient un oxyde graphitique jaune ayant conservé la forme des fragments primitifs.

» *Conclusions.* — Quelle que soit la variété de carbone mise en expérience, une élévation de température suffisante l'amène toujours à l'état de graphite. Ce graphite peut être amorphe ou cristallisé. Sa densité varie entre 2,10 et 2,25. Sa température de combustion dans l'oxygène est voisine de 660°.

» Il existe plusieurs variétés de graphite, comme il existe plusieurs variétés de carbone amorphe ou de diamant.

» La stabilité du graphite s'élève suivant la température à laquelle il a été porté.

» Ce fait est mis nettement en évidence par la résistance plus ou moins grande que présente le graphite pour se transformer en oxyde graphitique. Du reste, au fur et à mesure que s'élève le point de fusion du métal dans lequel le graphite s'est formé, sa difficulté d'oxydation augmente avec netteté. C'est ainsi que, par une élévation de température, on peut transformer un graphite facilement attaquable, comme celui de Ceylan, en un graphite beaucoup plus résistant. »

TOPOGRAPHIE. — *Reconnaissance faite à l'aide de la Photographie, pour la délimitation de la frontière entre l'Alaska et la Colombie britannique.* Note de M. LAUSSEDAT.

« J'ai eu l'honneur, il y a deux ans, d'entretenir l'Académie des résultats remarquables obtenus par le service topographique du Canada, en appliquant la méthode photographique à la construction de la Carte d'une partie des Montagnes Rocheuses traversée par le chemin de fer du Pacifique.

» Tout récemment, la question de la délimitation de l'Alaska, cédé aux États-Unis par la Russie, et de la Colombie britannique, a fourni aux ingénieurs canadiens une nouvelle occasion de démontrer la très grande supériorité de cette méthode sur toutes les autres dans des circonstances particulièrement difficiles.

» Il avait été convenu entre les membres de la Commission mixte que les opérateurs de la section des États-Unis se chargeraient de relever la côte, tandis que ceux de la section canadienne reconnaîtraient l'intérieur du pays jusqu'à la distance de dix lieues marines, c'est-à-dire plus de 55^{km}. Cette répartition du travail s'imposait, pour ainsi dire, les ingénieurs des États-Unis n'étant pas familiarisés avec le nouveau procédé auquel on prévoyait qu'il faudrait nécessairement recourir dans une région couverte de glaciers et de champs de neige.

» Le nombre des opérateurs canadiens exercés était pourtant jusqu'alors très limité, mais M. Mac-Arthur, qui, sous la direction de l'arpenteur général M. E. Deville, avait si complètement réussi dans les Montagnes Rocheuses, parvint aisément à en former de nouveaux qui furent initiés en un mois à la pratique de la méthode et des instruments et aux principes de la Photographie. Sept brigades, composées chacune d'un opérateur en titre et de cinq aides, auxquels vinrent s'adjoindre un officier et un assistant américains, se trouvèrent prêtes à entrer en campagne en mai 1893.

» Les côtes de l'Alaska sont profondément découpées et forment une foule de golfes ou de fiords dont les bords abrupts servent de bases à des montagnes très élevées, sans cesse couvertes de neige, avec un climat extrêmement pluvieux en été.

» Les sept brigades, réparties le long de la côte, étaient pourvues de canots au moyen desquels elles pénétraient au fond des fiords aussi loin que possible. Il ne leur fallait pas moins transporter encore les instruments

et les provisions à de grandes distances, à travers les glaciers et les névés. Souvent la pluie tombait pendant dix jours de suite et, du campement établi au pied de la montagne, il fallait guetter les moments où le ciel paraissait vouloir se découvrir. Il arrivait parfois que, partis à 2^h du matin et après avoir fait péniblement une ascension de six à sept heures de durée, les opérateurs se trouvaient encore au milieu du brouillard, passaient toute la journée à attendre une éclaircie et se voyaient obligés de descendre sans avoir rien fait.

» Quand, par miracle, les nuages se dissipaient et laissaient apercevoir le paysage, même pendant un temps très court, on en profitait pour prendre à la hâte quelques vues et pour faire les observations angulaires strictement nécessaires; puis le brouillard revenait, et il fallait attendre qu'il s'élevât de nouveau pour continuer.

» Après bien des heures ainsi passées à endurer le froid à des hauteurs de 1200^m à 2000^m et plus, et par des latitudes de 55° à 60°, on parvenait, dans certains cas, à compléter les observations, mais d'autres fois on était obligé de regagner le campement pour y attendre des circonstances plus favorables.

» On conçoit que la Photographie seule ait permis de triompher de tant d'obstacles et, en effet, les délégués américains qui accompagnaient les brigades avec leurs planchettes ne purent à peu près rien faire sauf pendant quelques journées exceptionnellement belles. Au contraire, à l'aide de leurs appareils, les opérateurs canadiens recueillaient, souvent en quelques minutes, pour la construction d'une carte répondant à l'objet que l'on se proposait, plus d'éléments que l'on en eût pu obtenir par toute autre méthode, en y consacrant des semaines entières. Cela équivaut à dire que, sans la Photographie, l'opération de la délimitation projetée eût été impraticable.

» Voici, au surplus, quelques détails précis que nous empruntons, comme la plupart d'ailleurs des renseignements précédents, à une Note qu'a bien voulu nous faire parvenir M. Mac-Arthur par l'entremise obligeante de M. E. Deville.

» En 1893, il y a eu, en tout, vingt jours où il a été possible de travailler. Pendant ce temps, morcelé comme on peut à peine l'imaginer, M. Mac-Arthur est parvenu à occuper 70 stations, il a exposé 108 plaques représentant un terrain dont la surface dépassait 3000^{kmq}.

» Les autres brigades, composées d'opérateurs moins exercés, ont cependant reconnu chacune de 12 à 1300^{kmq}.

» En 1894, la saison ayant été plus favorable et grâce à l'expérience acquise, M. Mac-Arthur a pu explorer une surface de plus de 5000^{kmq}, en faisant 24 ascensions et en exposant 275 plaques. Chacune des six autres brigades a reconnu, de son côté, en moyenne 3000^{kmq}, ce qui fait en tout 23000^{kmq} pour la campagne de 1894. Il est bien entendu toutefois que ce travail de reconnaissance ne doit pas être comparé au lever détaillé effectué de 1888 à 1892 dans les Montagnes-Rocheuses, mais il paraît devoir amplement suffire aux besoins de la Commission de délimitation.

» Il n'est pas sans intérêt de savoir qu'au cours de cette exploration des Alpes de l'Alaska, qui forment une chaîne très élevée parallèle à la côte, on a reconnu que le mont Elie, qui lui donne son nom, parce qu'il en avait été jusque là considéré comme le point le plus élevé, est dominé par un autre pic, le mont Logan, dont l'altitude est de près de 6000^{m} (5947^{m}), tandis que celle du mont Elie n'est que de 5520^{m}; enfin on a aussi constaté qu'un troisième pic, le mont Fairweather, dépasse encore notre mont Blanc et atteint l'altitude de 4940^{m}.

» Pour faire apprécier toute l'importance de cette belle application de la méthode photographique, il convient d'ajouter que, chaque année, les ingénieurs canadiens ont été obligés de parcourir plus de 11000^{km} pour se rendre sur le théâtre des opérations et pour rentrer à Ottawa, où s'exécute le travail de rédaction de la Carte sur des épreuves rapportées de si loin. »

ASTRONOMIE. — *Sur les variations séculaires des orbites des quatre planètes intérieures*. Note de M. S. **Newcomb**.

« On sait que le mouvement actuel du périhélie de Mercure est plus grand que le mouvement calculé en tenant compte de l'action de toutes les planètes connues. Le Verrier est le premier qui ait remarqué cet excès de mouvement; il l'attribua à l'action d'un groupe de planètes encore inconnues, entre le Soleil et l'orbite de Mercure. Un tel groupe doit produire des changements des autres éléments, non seulement de Mercure, mais de Vénus et même de la Terre. Les recherches que je viens de terminer sur les théories des quatre planètes les plus voisines du Soleil m'ont conduit à aborder le problème de ces variations et de leur cause, par la méthode suivante :

» 1. On détermine les variations séculaires des éléments des quatre planètes au moyen des observations seules, indépendamment de toute hypothèse sur la cause de ces variations.

» 2. On détermine les masses des planètes perturbatrices par les méthodes les plus précises, les variations séculaires qu'elles produisent étant exceptées.

» 3. On calcule les variations séculaires qui doivent être produites par les masses ainsi déterminées.

» 4. On compare ces résultats de l'observation et de la théorie, et on cherche la cause de leurs différences.

» Par la discussion de 62000 observations méridiennes du Soleil, de Mercure, de Vénus, de Mars, et de toutes les bonnes observations des passages de Mercure et de Vénus sur le disque du Soleil, je suis parvenu aux valeurs des variations séculaires qui se trouvent dans la première colonne du Tableau suivant.

» J'ai déterminé les masses suivantes de Mercure, de Vénus et de Jupiter, par les perturbations périodiques qu'elles produisent; celle de la Terre résulte de la valeur 8″,800 de la parallaxe du Soleil (moyenne des meilleures déterminations). J'ai admis la masse de Mars trouvée par M. Hall par les observations des satellites.

Mercure,	masse	$\frac{1}{7000000}$
Vénus,	»	$\frac{1}{406770}$
Terre,	»	$\frac{1}{328000}$
Mars,	»	$\frac{1}{3093500}$
Jupiter,	»	$\frac{1}{1047,35}$

» Ces valeurs et les masses connues des autres planètes produisent les variations suivantes, déterminées par le calcul :

Comparaisons des variations observées et calculées.

Mercure.	Variation observée.	Variation calculée.	Différence.
$D_t e$	$+\ 3'',36 \pm 0'',50$	$+\ 4'',24$	$-0'',88$
$e\, D_t \pi$	$+118,24 \pm 0,40$	$+109,76$	$+8,48$
$D_t i$	$+\ 7,14 \pm 0,80$	$+\ 6,76$	$+0,38$
$\sin i\, D_t \theta$	$-\ 91,89 \pm 0,50$	$-\ 92,51$	$+0,62$
Vénus.			
$D_t e$	$-\ 9,48 \pm 0,20$	$-\ 9,67$	$+0,19$
$e\, D_t \pi$	$+\ 0,26 \pm 0,20$	$+\ 0,34$	$-0,08$
$D_t i$	$+\ 3,75 \pm 0,30$	$+\ 3,50$	$+0,25$
$\sin i\, D_t \theta$	$-105,42 \pm 0,07$	$-106,01$	$+0,59$

Terre.	Variation observée.	Variation calculée.	Différence.
$D_t e$	$-\ 8'',55 \pm 0'',09$	$-\ 8'',57$	$+0'',02$
$e D_t \pi$..........	$+\ 19,48 \pm 0,11$	$+\ 19,39$	$+0,09$
$D_t \varepsilon$..........	$-\ 47,11 \pm 0,25$	$-\ 46,89$	$-0,22$
Mars.			
$D_t e$..........	$+\ 19,00 \pm 0,27$	$+\ 18,71$	$+0,29$
$e D_t \pi$..........	$+149,55 \pm 0,35$	$+148,80$	$+0,75$
$D_t i$..........	$-\ 2,26 \pm 0,20$	$-\ 2,34$	$-0,02$
$\sin i D_t \theta$......	$-\ 72,60 \pm 0,20$	$-\ 72,56$	$-0,04$

» Trois de ces différences méritent attention, à cause de leur grandeur. Ce sont les mouvements des périhélies de Mercure et de Mars, et celui du nœud de Vénus. Les mouvements du nœud et de l'excentricité de Mercure s'écartent aussi de leurs valeurs théoriques, de quantités bien plus grandes que les erreurs probables.

» Si ces écarts sont réels, on peut les attribuer à deux causes :

» 1° Pour expliquer les mouvements des périhélies de Mercure et de Mars, on peut supposer que la loi de Newton n'est pas entièrement exacte et que la force attractive du Soleil varie actuellement comme $r^{-(2+\delta)}$, δ étant une très petite fraction dont la valeur est environ 0,0000001574. Cette hypothèse a été proposée tout récemment par M. A. Hall : je ne sais s'il est le premier qui l'ait émise.

» 2° On peut attribuer les écarts à l'action de masses de matières encore inconnues.

» A première vue, on serait porté à croire que la seconde hypothèse doit être décidément préférée. Elle semble assez probable *a priori*; elle n'entraîne aucun changement dans une loi de la nature; elle est la seule qui explique d'autres écarts que ceux des périhélies, car les périhélies sont les seuls éléments qui seront changés si l'on accepte la première hypothèse seule. Mais où peut-on placer ces masses? L'ellipticité du Soleil, si elle existe, est trop petite pour expliquer aucun des mouvements. Un anneau de planétoïdes, voisin du Soleil, doit avoir une inclinaison sur l'écliptique d'environ 9° pour produire à la fois les mouvements observés du périhélie de Mercure et du nœud de Vénus. Si l'anneau était voisin du Soleil, le rapport de sa masse à la masse du Soleil doit être de $\frac{1}{11000}$. Cette masse produirait une ellipticité sensible dans la figure du Soleil, et la quantité de lumière réfléchie par un tel anneau serait énorme. Une masse en mouvement près du plan de l'écliptique augmenterait l'écart du mouve-

ment du nœud de Vénus. Enfin, je trouve que, pour tenir compte à la fois des variations des éléments de Mercure et de Vénus, il faut placer l'anneau entre les orbites de Vénus et de Mercure. Voici les éléments elliptiques qui rendent compte à peu près de tous les écarts qui se rapportent à ces planètes :

Distance moyenne	0,48
Excentricité	0,04
Longitude du périhélie	10°
Longitude du nœud	35°
Inclinaison sur l'écliptique	7°,5
Masse	$\frac{1}{37000000}$

» Bien que cette hypothèse réduise les écarts au-dessous de leurs erreurs probables, je la regarde plutôt comme une curiosité que comme une réalité. En effet, il me semble impossible qu'un tel groupe ait pu échapper à la découverte.

» Revenons à l'autre hypothèse. En cherchant les valeurs des masses des planètes qui produiraient les variations séculaires observées, les périhélies exceptés, on trouve ce résultat remarquable, que la seule masse qu'il faille changer de beaucoup est celle de la Terre. Ce changement entraîne une diminution notable de la parallaxe du Soleil. En admettant la valeur 8″,78 de cette constante et les valeurs $\frac{1}{408000}$ et $\frac{1}{6000000}$ pour les masses de Vénus et de Mercure, toutes les variations séculaires peuvent être assez bien représentées par l'hypothèse de Hall, et avec la valeur 8″,77 de la parallaxe aucun changement n'est nécessaire dans les masses des autres planètes. Quoique je sois loin de regarder cette hypothèse comme bien établie, il me semble qu'on peut l'adopter comme provisoire. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur une nouvelle grotte ossifère découverte à la Pointe-Pescade, à l'ouest d'Alger-Saint-Eugène;* par M. **A. Pomel.**

« Des travaux de construction de voie ferrée en tunnel ont fait connaître l'existence d'une grotte ou caverne, ouverte en grande partie dans le calcaire cipolin, au-dessous de la route départementale et un peu à l'est de l'ancien poste de douane de Pointe-Pescade. Une autre grotte ossifère, fouillée autrefois par le Dr Bourjot, mais aujourd'hui disparue dans l'exploitation du rocher, se trouvait un peu au-dessus de la route et à peu de mètres de distance. Nous avons quelques ossements qui en proviennent.

» La nouvelle grotte contenait une grande quantité d'ossements, qui ont attiré l'attention des ouvriers. M. l'ingénieur en chef des Mines Pouyanne, mon collègue de direction de la Carte géologique, prévenu, a fait, près des directeurs et entrepreneurs des travaux, des démarches pour assurer la récolte et la conservation de ces fossiles; il a obtenu d'eux toutes les facilités nécessaires. Il a délégué M. Brive, l'un de nos adjoints au Service géologique algérien, pour suivre les travaux et faire au besoin exécuter des fouilles particulières. La récolte a été abondante, très instructive, et déposée au laboratoire de l'École des Sciences, où nous la soumettons à l'étude.

» Je me suis empressé moi-même de rentrer de voyage pour visiter les fouilles et étudier le gisement. La grotte était remplie presque totalement par une terre rougeâtre, calcaréo-limoneuse, contenant des concrétions calcaires, ayant encroûté souvent les ossements, terre semblable à celle qui recouvre les pentes extérieures voisines et semble résulter d'atterrissements par ruissellement. Le remplissage de la grotte peut résulter du remaniement de cette terre, introduite probablement par des fentes ou des canaux inconnus, peut-être à l'état plus ou moins boueux pour avoir pu emballer sans ordre les ossements qui se trouvaient alors dans la grotte ou au voisinage de ces canaux.

» Les ossements, mêlés dans tous les sens et dans toutes les positions, sans connexion squelettique, sont le plus souvent cassés à l'une ou à l'autre extrémité, quelquefois aux deux, mais ne portent aucune trace de transport alluvionnaire; aucun galet ni sable ne les accompagne. On ne remarque aucune trace d'habitation, pas d'outil d'aucune sorte, pas de poteries, pas de traces de foyers, pas d'os rongés. Donc, ou cette grotte n'était pas habitée, ou elle avait cessé de l'être lors de l'envahissement complet par la terre ossifère, qui, dans ce cas, n'aurait pas été assez brusque pour en empêcher l'évacuation. L'ancienne caverne de Bourjot avait incontestablement servi d'habitation, et peut-être y avait-il dépendance entre elles.

» Le déblayage de la caverne a enfin conduit à la découverte d'une entrée, ouverte sur le flanc de la falaise rocheuse et devant être difficilement accessible. Cela a permis d'arriver jusqu'au sous-sol de la terre à ossements, et de constater qu'il était formé par une croûte constituée par une agglomération de moules, de serpules fossilisées à test disparu. La mer avait donc pénétré dans la grotte, à une époque où elle était encore libre de terre à ossements, et cette dernière n'y a pénétré que lorsque l'immersion qui a soulevé les plages à *Strombus mediterraneus* eut également immergé la grotte, et cela à l'origine des temps néolithiques.

» La découverte tout à fait imprévue de cet ossuaire est venue jeter un grand jour sur la constitution de la dernière faune des Vertébrés quaternaires de la côte barbaresque, car elle montre réunies un certain nombre

d'espèces remarquables, déjà connues pour la plupart mais souvent trouvées dans des localités différentes, isolées entre elles et sans lien stratigraphique pouvant en établir la contemporanéité. On avait même cru que certaines espèces pouvaient caractériser des phases particulières dans la période néolithique, en raison de quelques groupements spéciaux de types ou de gisements. Mais on doit reconnaître maintenant que, s'il y a eu des phases, ce n'est pas dans la répartition des espèces qu'il faut espérer en trouver la preuve.

» Il y a cependant une observation à faire. Les terres rouges qui constituent les dépôts de pentes du flanc nord de Bouzaréa et du Sahel, depuis Kouba jusqu'au delà du cap Canine, renferment souvent dans leur partie superficielle, des restes de l'*Elephas africanus* et surtout des dents très caractéristiques, qui ne peuvent laisser aucun doute sur leur détermination. L'espèce, du reste, s'est rencontrée dans les dépôts les plus récents de la Mitidja, en échantillons magnifiques de conservation. Nous avions toujours considéré ces débris comme représentant la phase ultime de l'évolution des mammifères, postérieure à celle caractérisée par la faune de la grotte. Or nous n'avons reconnu dans celle-ci aucune trace de l'existence de cette espèce, quoiqu'elle ne soit pas rare dans les dépôts de pentes voisins, de sorte qu'on peut en conclure qu'elle a réellement vécu à une phase ultérieure.

» Voici l'énumération des principales espèces qui ont fait l'objet d'une première détermination provisoire :

» Pas de trace de l'homme ni de son industrie. Pas de singes.

» Carnassiers. — Un des *ours* de la caverne du Taya, appartenant à la section des Ours à prémolaires persistantes, de la taille de nos ours bruns; trouvé aussi dans l'ancienne grotte voisine. Quelques ossements de petits félins ou viverrins indéterminés. Pas de grands félins ni de hyènes reconnus.

» *Hystrix cristata?* — Assez rare.

» Ongulés artiodactyles.

» *Bubalus antiquus* Duvern. — De nombreuses pièces des os des membres, surtout des métacarpiens qui nous avaient manqué lors de notre monographie. Espèce très rare partout, sauf à Djelfa.

» *Bos opisthonomus* Pom. — Peu abondant.

» *Bos ibericus* Sans. — A peine représenté.

» *Cervus pachygenys* Pom. — Deux mandibules qui complètent la série dentaire inférieure, remarquable par la simplification des prémolaires et l'atténuation de la branche dentaire.

» *Antilope* (*Gazella*). — Débris assez frustres, peu étudiés.

» *Antilope* (*Orcas*). — Très grande espèce, du type du Canna, connue par une grande corne qui ne peut laisser de doute sur la détermination. C'est encore un exemple de la représentation, sur la côte barbaresque, des formes sud-africaines : *Gnu, Phacochœre,* etc., *Sus scrofa?* Portions de crânes et de mandibules peu caractérisées.

» *Phacochœrus æthiopicus?* — Trouvé au voisinage, mais absent de la grotte.

» *Hippopotame?* — Très nombreux ossements, probablement de la même race que celui de Ternifine, ce qui n'a pu être encore constaté.

» Périssodactyles.

» *Equus.* — Débris rares et mutilés, rappelant le type de Ternifine.

» *Rhinoceros mauritanicus* Pom.? — Nombreux ossements des membres, tronçons de mâchoires du type sud-africain des Atelodus, voisin, mais distinct du *R. simus.*

» *Elephas atlanticus* Pom. — Rare, représenté par un seul fragment de germe de molaire et un calcanéum; commun à Ternifine.

» Il manque, à cette énumération, beaucoup d'espèces grandes ou petites, qui n'ont pas été encore rencontrées dans la grotte nouvelle de Pointe-Pescade, mais qui ont été rencontrées au voisinage, au grand Rocher, par exemple, à Fort-de-l'eau et à Sidi-Féruch, tels que *Felis, Hyena spelœa, Boselaphe connochatis,* Antilopes de divers sous-genres, *Phanochœre, Autruche,* etc., et toute la série des petits rongeurs des grottes à phosphorites, tels que *Bramus, Mus, Gerbillus, Dipus,* etc.

» Ces espèces seront décrites dans nos monographies de la faune quaternaire de l'Algérie, en cours de publication. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui devront être présentés à M. le Ministre de l'Instruction publique, pour la chaire de Médecine actuellement vacante au Collège de France.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du premier candidat, le nombre des votants étant 50 :

M. d'Arsonval obtient.	46 suffrages.
M. Roux »	1 »

Il y a 3 bulletins blancs.

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du second candidat, le nombre des votants étant 44 :

M. Charrin obtient. . . . . 39 suffrages.

Il y a 5 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée par l'Académie à M. le Ministre comprendra :

En première ligne . . . . M. d'Arsonval.
En seconde ligne. . . . . M. Charrin.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **A. Millardet** adresse, par l'entremise de M. Duclaux, une Communication relative à « l'importance de l'hybridation pour la reconstitution des vignobles ».

(Commissaires : MM. Bornet, Dehérain, Duclaux.)

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution des équations numériques au moyen des suites récurrentes*. Note de M. **R. Perrin**, présentée par M. Jordan.

« On sait depuis Bernoulli et Euler que, si $f(x) = 0$ est l'équation génératrice d'une suite récurrente $u_0, u_1, \ldots, u_n, \ldots$, la plus grande et la plus petite en valeur absolue des racines de cette équation sont les limites vers lesquelles tend le rapport $\frac{u_{n+1}}{u_n}$ selon qu'on s'éloigne indéfiniment, dans le sens des n positifs ou des n négatifs, des termes initiaux de la suite, de quelque manière d'ailleurs que ceux-ci aient été choisis; pourvu toutefois :

» 1° Que la suite particulière employée n'admette pas de polynome générateur d'ordre moindre que $f(x)$;

» 2° Que la racine de plus grand (ou de plus petit) module soit unique de ce module, ce qui exclut le cas de deux racines réelles égales et de signes contraires, et celui de deux racines imaginaires conjuguées; dans ces deux cas, en effet, le rapport $\frac{u_{n+1}}{u_n}$ ne tend vers aucune limite déterminée.

» Ces restrictions ont empêché jusqu'ici de considérer l'emploi des suites récurrentes comme fournissant un procédé régulier et sûr pour le calcul par approximation des racines des équations numériques, bien que M. Laisant ait donné ([1]) une formule qui fait disparaître la seconde des restrictions ci-dessus, et que récemment M. d'Ocagne ait indiqué ([2]) un moyen simple de vérifier l'irréductibilité de l'échelle d'une suite donnée, et de former *a priori* avec une échelle donnée des suites certainement irréductibles. Il subsiste encore en effet cette grave objection, que la première racine a étant supposée ainsi calculée approximativement, il faut, pour obtenir les suivantes, opérer à nouveau de la même manière sur une autre équation $\frac{f(x)}{x-a} = 0$, dont tous les coefficients ne sont plus qu'approchés, en sorte que les erreurs s'accumulent à mesure qu'on avance dans les calculs.

» En reprenant cette question, j'ai rencontré certaines propriétés des suites récurrentes qui paraissent n'avoir pas encore été signalées, et qui, en tout cas, conduisent, comme on le verra, à un procédé remarquablement simple et net de séparation et de calcul des racines des diverses catégories. Je me bornerai ici à donner l'énoncé de ces propriétés et de leurs conséquences immédiates, me proposant de les démontrer ailleurs avec tous les développements nécessaires.

» Soit donc une suite récurrente U d'ordre p, savoir

$$u_0, \quad u_1, \quad u_2, \quad \ldots, \quad u_n, \quad \ldots.$$

» Désignons par U′, U″, ..., $U^{(k)}$, ... et appelons 1ière, 2ième, ..., $k$ième suite dérivée de U les suites dont les termes généraux seraient respectivement les déterminants

$$u'_n = \begin{vmatrix} u_n & u_{n+1} \\ u_{n+1} & u_{n+2} \end{vmatrix}, \quad \ldots \quad u_n^{(k)} = \begin{vmatrix} u_n & u_{n+1} & \ldots & u_{n+k} \\ u_{n+1} & \ldots & \ldots & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ u_{n+k} & \ldots & \ldots & u_{n+2k} \end{vmatrix},$$

([1]) *Bulletin des Sciences mathématiques*, 1881.
([2]) *Journal de l'École Polytechnique*, LXIVe Cahier, 1894.

et qu'un théorème connu nous apprend déjà être récurrentes d'ordre au plus égal à $p^2, \ldots, p^k, \ldots$.

» I. La $k^{\text{ième}}$ suite dérivée est récurrente et d'ordre au plus égal à

$$\frac{p(p-1)\ldots(p-k)}{1.2\ldots(k+1)}.$$

En particulier, la $p-1^{\text{ième}}$ suite dérivée est d'ordre 1; c'est donc une progression géométrique, et la raison de cette progression est égale (au signe près, pour p impair) au rapport des coefficients extrêmes de l'équation génératrice d'ordre maximum p de U. Les suites dérivées d'ordres p et au-dessus ont tous leurs termes nuls.

» De là déjà le moyen de savoir si une suite récurrente donnée comme d'ordre p est réductible à une échelle d'ordre moindre. Il suffit de calculer un terme quelconque $u_n^{(p-1)}$ de sa $p-1^{\text{ième}}$ suite dérivée : si ce terme est nul, l'ordre est réductible. On calculera alors un terme quelconque de la $p-2^{\text{ième}}$ suite dérivée (par exemple $u_n^{(p-2)}$, qui se déduit de $u_n^{(p-1)}$ en supprimant la dernière ligne et la dernière colonne); si ce terme est encore nul, on continuera de même jusqu'à ce qu'on arrive à un déterminant différent de 0 : l'ordre de ce déterminant sera l'ordre minimum de la suite U. Ce criterium ne diffère d'ailleurs que par sa forme, plus condensée et plus commode pour les applications, de celui de M. d'Ocagne.

» II. Si $f(x)=0$ est l'équation génératrice *d'ordre minimum* de U et a *toutes ses racines distinctes*, l'équation génératrice d'ordre minimum de $U^{(k)}$ a aussi toutes ses racines distinctes, et ce sont *toutes les valeurs distinctes* que peut prendre le produit de $k+1$ racines de $f(x)$.

» Si donc le rapport $\frac{u_{n+1}^{(k)}}{u_n^{(k)}}$ tend vers une limite déterminée pour n croissant indéfiniment en valeur positive (ou négative), cette limite est le produit des $k+1$ racines de plus grand (ou de plus petit) module de $f(x)$ et toutes les autres racines ont des modules moindres (ou plus grands); et réciproquement.

» III. La proposition II est encore exacte, si $f(x)=0$ a des racines multiples ou n'est pas l'équation génératrice $\varphi(x)=0$ d'ordre minimum p de U, pourvu que $\varphi(x)$ ait bien toutes ses racines distinctes, et que $f(x)$ n'en admette pas de distinctes de celles de $\varphi(x)$; autrement dit, pourvu que u_n puisse être identifié avec l'expression

$$\alpha_1 x_1^n + \alpha_2 x_2^n + \ldots + \alpha_p x_p^n,$$

où $x_1, x_2, \ldots, x_p$ sont les p racines distinctes de $\varphi(x)$ comme de $f(x)$, et $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$ des coefficients tous constants et différents de zéro.

» Dans une prochaine Communication, je montrerai comment ces propriétés peuvent être utilisées pour la séparation et le calcul des racines des équations numériques. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la composition des formes linéaires et les groupes à congruences.* Note de M. **X. Stouff**, présentée par M. Darboux.

« Les groupes à congruences par rapport à des modules premiers ou non ont déjà été étudiés avec soin dans les beaux travaux de M. Gierster.

» Voici cependant un procédé pour définir une partie de ces groupes qui paraît mériter quelque attention tant par lui-même que par l'étendue des conséquences que l'on peut en tirer. Prenons, dans le groupe arithmétique, c'est-à-dire dans le groupe des substitutions à coefficients entiers et de déterminant 1, deux substitutions :

$$\left(z, \frac{\alpha z+\beta}{\gamma z+\delta}\right), \qquad \left(z, \frac{\alpha' z+\beta'}{\gamma' z+\delta'}\right).$$

Les coefficients de la substitution obtenue en multipliant la première par la seconde s'expriment par les formules

$$(1)\qquad \mathrm{A}=\alpha\alpha'+\beta\gamma', \qquad \mathrm{B}=\alpha\beta'+\beta\delta', \qquad \Gamma=\gamma\alpha'+\delta\gamma', \qquad \Delta=\gamma\beta'+\delta\delta'.$$

» On peut se demander si certaines formes linéaires à cinq variables peuvent se composer avec elles-mêmes de la manière qui va être expliquée. Les formules de composition pour les quatre premières variables sont les formules (1); pour la cinquième variable, la formule de composition est bilinéaire, par rapport aux cinq premières variables et par rapport aux cinq dernières. Désignons la forme linéaire considérée par

$$f(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \xi)=a_1\alpha+a_2\beta+a_3\gamma+a_4\delta+a_5\xi;$$

a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 sont des nombres appartenant à un corps algébrique K. On a

$$a_5=\mathrm{K}^2,$$

K étant un entier de ce corps; nous supposerons de plus que

$$a_1=\frac{b_1}{\mathrm{K}}, \qquad a_2=\frac{b_2}{\mathrm{K}}, \qquad a_3=\frac{b_3}{\mathrm{K}}, \qquad a_4=\frac{b_4}{\mathrm{K}},$$

b_1, b_2, b_3, b_4 étant des entiers du corps K.

» Les valeurs des quatre premières variables de la forme composée étant données par les formules (1), la valeur de la cinquième sera de la forme

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned}\Xi = {} & m_{11}\alpha\alpha' + m_{12}\alpha\beta' + m_{13}\alpha\gamma' + m_{14}\alpha\delta' + m_{21}\beta\alpha' + m_{22}\beta\beta' \\ & + m_{23}\beta\gamma' + m_{24}\beta\delta' + m_{31}\gamma\alpha' + m_{32}\gamma\beta' + m_{33}\gamma\gamma' + m_{34}\gamma\delta' \\ & + m_{41}\delta\alpha' + m_{42}\delta\beta' + m_{43}\delta\gamma' + m_{44}\delta\delta' + m_{51}\xi\alpha' + m_{52}\xi\beta' \\ & + m_{53}\xi\gamma' + m_{54}\xi\delta' + m_{15}\alpha\xi' + m_{25}\beta\xi' + m_{35}\delta\xi' + m_{45}\delta\xi' \\ & + m_{55}\xi\xi'.\end{aligned}\right.$$

» Nous devons avoir l'identité

$$(3)\quad f(\mathrm{A}, \mathrm{B}, \Gamma, \Delta, \Xi) = f(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \xi) f(\alpha', \beta', \gamma', \delta', \xi');$$

en calculant d'après cette identité les valeurs des coefficients m, on trouve

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned}\Xi = {} & \frac{a_1(a_1-1)\alpha\alpha' + a_1 a_4(\alpha\delta' + \delta\alpha') + a_4(a_4-1)\delta\delta'}{a_5} + \frac{a_2\beta'}{a_5}[(a_1-1)\alpha + a_4\delta] \\ & + \frac{a_3\gamma'}{a_5}[a_1\alpha + (a_4-1)\delta] + \frac{a_2\beta}{a_5}[a_1\alpha' + (a_4-1)\delta'] \\ & + \frac{a_2^2}{a_5}\beta\beta' + \frac{a_2 a_3 - a_1}{a_5}\beta\gamma' + \frac{a_3\gamma}{a_5}[(a_1-1)\alpha' + \alpha_4\delta'] \\ & + \frac{a_2 a_3 - a_4}{a_5}\gamma\beta' + \frac{a_3^2}{a_5}\gamma\gamma' + \xi(a_1\alpha' + a_2\beta' + a_3\gamma' + a_4\delta') \\ & + \xi'(a_1\alpha + a_2\beta + a_3\gamma + a_4\delta) + a_5\xi\xi'.\end{aligned}\right.$$

» Pour que ce résultat soit de quelque utilité pour notre objet, il faut que, ξ et ξ' étant des entiers du corps K, Ξ soit forcément un entier de ce corps. Nous supposerons pour cela que nos deux substitutions sont congrues à l'unité module k^2 pour employer le langage reçu

$$\begin{aligned}&\alpha = 1 + k^2\alpha_1, && \beta = k^2\beta_1, && \gamma = k^2\gamma_1, && \delta = 1 + k^2\delta_1, \\ &\alpha' = 1 + k^2\alpha'_1, && \beta' = k^2\beta'_1, && \gamma' = k^2\gamma'_1, && \delta' = 1 + k^2\delta'_1;\end{aligned}$$

elles appartiennent alors, comme on le sait bien, à un sous-groupe G du groupe arithmétique : α_1, β_1, ... sont des entiers du corps K.

» Nous admettrons de plus que $b_1 + b_4$ est divisible par k, et que $\frac{b_1 + b_4}{k} - 1$ est divisible par k^2. On reconnaît al rs que, dans le second membre de (4), les fractions et les multiplicate rs de ξ et ξ' ont des valeurs entières. Donc Ξ est entier, si ξ et ξ' le sont.

» Supposons que l'on ait

$$(5)\qquad \begin{cases} f(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \xi) = 1, \\ f(\alpha', \beta', \gamma', \delta', \xi') = 1, \end{cases}$$

on aura

$$f(\mathrm{A}, \mathrm{B}, \Gamma, \Delta, \Xi) = 1.$$

» Pour bien comprendre ce résultat, posons

$$\frac{b_1 + b_4}{k} = 1 + k^2\mathrm{N},$$

l'équation (5) devient, après avoir divisé par k,

$$b_1\alpha_1 + b_2\beta_1 + b_3\gamma_1 + b_4\delta_1 + k(\xi + \mathrm{N}) = 0.$$

On en conclut facilement que, si pour deux substitutions du sous-groupe G, on a

$$b_1\alpha_1 + b_2\beta_1 + b_3\gamma_1 + b_4\delta_1 \equiv 0 \bmod k,$$

la même relation s'applique à la substitution produite. On définit donc ainsi un sous-groupe du groupe G.

» On peut aussi supposer que l'on ait

$$f(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \xi) = \varepsilon_i,$$
$$f(\alpha', \beta', \gamma', \delta', \xi') = \varepsilon_j,$$

ε_i et δ_j étant deux unités du corps K, alors $f(\mathrm{A}, \mathrm{B}, \Gamma, \Delta, \Xi)$ sera aussi une unité du même corps. Il en résulte que la congruence

$$1 + k(b_1\alpha_1 + b_2\beta_1 + b_3\gamma_1 + b_4\delta_1) \equiv \varepsilon_i \qquad (\mathrm{mod}\, k^2)$$

définit un sous-groupe du groupe G.

» On peut imaginer évidemment bien d'autres manières d'utiliser le procédé que j'expose ici. Mais on n'obtient que des groupes à congruences. Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est la possibilité de faire intervenir des irrationnelles dans l'étude des sous-groupes du groupe G. »

ALGÈBRE. — *Sur l'élimination.* Note de M. **Hadamard**, présentée par M. Picard.

« Étant données trois équations

$$(1)\qquad f_1(x, y) = 0,$$
$$(2)\qquad f_2(x, y) = 0,$$
$$(3)\qquad f_3(x, y) = 0$$

aux deux inconnues x, y et de degrés m, n, p, respectivement, on peut en écrire l'éliminant par le produit $\Pi_3 = \Pi f_3(x, y)$, où la multiplication est étendue aux mn valeurs de x, y qui vérifient les deux premières équations. Mais la même condition pourrait s'obtenir par le produit $\Pi_1 = \Pi f_1(x, y)$, étendu aux solutions communes à (2) et (3), ou par le produit analogue Π_2.

» Il est intéressant de comparer entre elles ces différentes expressions; cette comparaison peut même être nécessaire pour l'établissement de certaines méthodes d'élimination. (Voir, par exemple Biermann, *Monatsh. für Math. und Physik*, 1894.)

» Dans le cas de deux équations à une inconnue $f_1(x) = 0$, $f_2(x) = 0$ de degrés m, n, on sait trouver le résultant sous forme d'une expression R_{12} entière par rapport à tous les coefficients et telle que

$$R_{12} = (-1)^{mm} R_{21}.$$

» Dans le cas actuel, $f_i^0(y)$ désignant l'ensemble des termes de plus haut degré de $f_i(x, y)$ pour $x = 1$ et R_{ik}^0 le résultant des polynômes $f_i^0(y)$, $f_k^0(y)$, l'expression Π_3 a pour dénominateur $(R_{12}^0)^p$. On peut démontrer qu'à ces dénominateurs près, les quantités Π_1, Π_2, Π_3 sont identiques en valeur absolue.

» A cet effet, remplaçons f_1 par $f_1 - \lambda$, l'expression Π_3 devient un polynôme en λ, dans lequel le produit des racines n'est autre que Π_1 et le terme indépendant de λ, la valeur primitive de Π_3. Il suffit donc de calculer le coefficient de λ^{np}.

» D'autre part, si nous posons $x = \frac{1}{x'}$, $y = \frac{y'}{x'}$, les équations données deviennent

$$F_1(x', y') = 0; \qquad F_2(x', y') = 0; \qquad F_3(x', y') = 0,$$

où

$$F_1 = x'^m \left[f_1\left(\frac{1}{x'}, \frac{y'}{x'}\right) - \lambda \right], \quad F_2 = x'^n \left[f_2\left(\frac{1}{x'}, \frac{y'}{x'}\right) \right], \quad F_3 = x'^p f_3\left(\frac{1}{x'}, \frac{y'}{x'}\right);$$

au produit Π_3 correspond le produit $\Pi'_3 = \Pi_3 (\Pi x')^p = \frac{\Pi_3}{(\Pi x)^p}$ où, dans la parenthèse, la multiplication s'étend aux solutions communes des deux premières équations.

» Or, l'expression Π'_3, pour $\lambda = \infty$, a manifestement la valeur $\frac{(R_{23}^0)^m}{b^{mp}}$, où b est le coefficient de y^n dans f_2. Quant à Πx, il suffit, pour l'obtenir,

d'éliminer y entre les équations $f_1 - \lambda = 0$, $f_2 = 0$, ce qui peut se faire par la méthode de Minding en remplaçant y par ses n valeurs asymptotiques tirées de l'équation (2). On a ainsi une équation dont le premier terme est $\frac{R_{21}^0}{b^m} x^{mn}$, la partie indépendante de x étant un polynôme du $n^{\text{ième}}$ degré en λ avec ± 1 comme premier coefficient, d'où résulte la conclusion annoncée.

» Les remarques précédentes peuvent évidemment s'étendre à un nombre quelconque d'équations. Outre leur application à l'élimination, elles peuvent être considérées comme une source d'identités géométriques telles que les ont considérées Laguerre, M. Elling Holet et M. Humbert. »

BALISTIQUE. — *Sur la loi de résistance de l'air.* Note de M. C. CHAPEL.

« Dans une Communication insérée aux *Comptes rendus* du 26 novembre, M. Vallier s'est appuyé sur le résultat empirique suivant : *Pour les vitesses supérieures à* 330^{m}, *la loi de résistance de l'air peut être représentée par une ligne droite.*

» J'ai déduit ce résultat d'expériences faites en Russie et en Angleterre, de 1869 à 1874. M. Sarrau l'a, je crois, signalé de son côté, à l'occasion de recherches entreprises à Gâvre vers cette même époque. Mis récemment en possession de nouveaux résultats obtenus en Allemagne dans ces dernières années, j'ai montré que cette loi peut être étendue depuis 300^{m} jusqu'aux plus hautes vitesses expérimentées, c'est-à-dire au delà de 1000^{m}.

» Ces résultats présentent un certain intérêt, sinon au point de vue de la théorie même de la résistance, du moins par les applications que l'on en peut faire aux calculs balistiques. La Balistique actuelle, en effet, met en jeu des vitesses initiales considérables; il arrive maintenant que, dans les tirs dits *de plein fouet*, la vitesse du projectile puisse rester constamment supérieure à 300^{m} : il devient dès lors possible d'admettre, dans toute l'étendue de la trajectoire, la loi de résistance indiquée ci-dessus, laquelle rentre dans l'une des seules formes permettant de ramener aux quadratures les équations du mouvement. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Théorie expérimentale du cisaillement et du poinçonnage des métaux*. Note de M. **Ch. Fremont**, présentée par M. Maurice Levy.

« Il est actuellement admis que la rupture d'un métal par cisaillement, poinçonnage, perforation, est le fait d'un *glissement*. Mais ce n'est qu'une hypothèse qui n'est fondée sur aucune expérience et dont l'exactitude est douteuse ; en effet, si l'on examine, par exemple, la débouchure provenant du poinçonnage d'un morceau de fer, on constate que les arrachements qui devraient, suivant cette théorie, être tournés vers la partie supérieure, du côté du poinçon, sont toujours dirigés vers le bas du côté de la matrice (*fig*. 1).

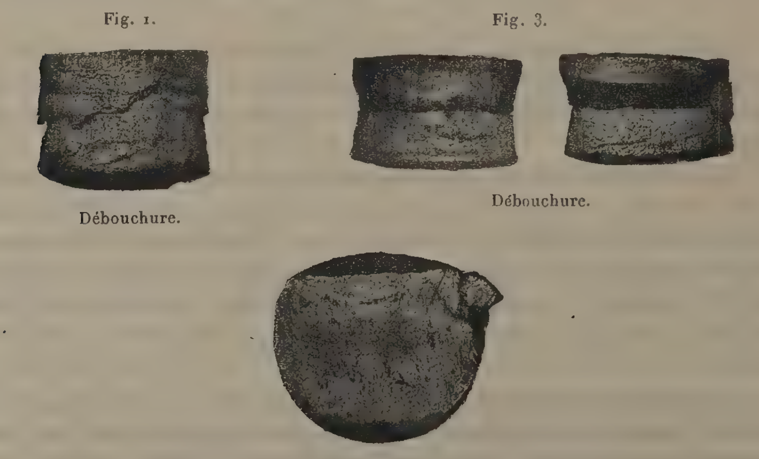

Fig. 1. Débouchure.

Fig. 3. Débouchure.

Cisaillement de fer rond exécuté avec des lames parallèles.

» Pour connaître la genèse de cette rupture, nous avons donné, dans un morceau de fer misé, sept coups successifs avec le même poinçon, mais de telle sorte que le premier coup de poinçon n'entamât que peu le métal, et les suivants chacun un peu plus que le précédent, jusqu'au septième où la perforation fut complète. Puis, coupant la barre longitudinalement par le milieu de ces trous, nous avons damasquiné la surface rabotée ; nous avons pu constater, par la disposition des veines, que le phénomène du poinçonnage est un travail de *traction* et non pas de glissement (*fig*. 2).

Chaque couche comprimée sous le poinçon ne se sépare pas immédiatement de la couche dont elle provient, il reste un ligament, une sorte d'éprouvette qui va s'allongeant sous l'effort du poinçonnage; la striction, puis la rupture se font à la partie la plus faible, vers le centre de la débouchure; celle-ci a la forme d'un double tronc de cône (*fig.* 3).

» L'autre extrémité de l'éprouvette, qui adhère à la partie non poinçonnée, se trouve tranchée par le passage du poinçon et on constate ce phénomène très singulier que les arrachements sont constitués par une couronne de métal sertie autour du double tronc de cône de la débouchure.

» Pour le cisaillement, le phénomène est analogue : il se forme encore des éprouvettes, mais la démarcation est moins nette, parce que l'éprouvette a plus de longueur, et, sa section étant constante, la striction se fait dans le plan de rupture, l'éprouvette cède en ce point et ne se trouve pas détachée.

» Pour montrer la genèse du phénomène, nous avons, sur un même morceau de fer, donné une série de dix coups successifs de cisaille, pénétrant peu au début, et de plus en plus, jusqu'à rupture complète. Le morceau de fer raboté et damasquiné (*fig.* 4) montre très clairement les divers stades du cisaillement; on constate encore que c'est une rupture par traction et non par glissement.

» Pour compléter l'étude du poinçonnage et du cisaillement, il ne reste qu'à connaître les diagrammes du travail nécessaire pour effectuer ces opérations. Nous nous sommes servi de la machine qui poinçonne et cisaille, profitant de l'élasticité de son bâti pour enregistrer en ordonnées les efforts sur l'outil et en abscisses la course amplifiée de ce même outil.

» Cet appareil de mesure (*fig.* 5), cet élasticimètre, se compose de deux branches, l'une droite C et l'autre B courbée à une extrémité pour venir s'articuler en N sur la première, comme un compas, dont la tête serait déportée; un ressort antagoniste D tend à écarter ces deux branches, qui sont en contact avec le bâti, la branche C étant fixe; c'est la branche B qui s'écarte et entraîne le crayon F par l'intermédiaire de la tige H. Le crayon trace verticalement une ordonnée proportionnelle à l'effort produit pour poinçonner ou cisailler le métal.

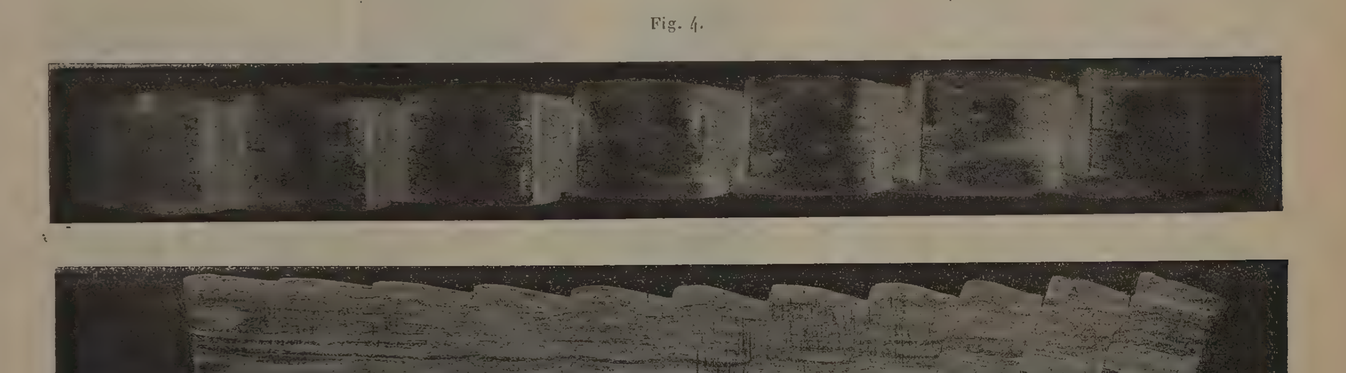
» Mais la planchette G de l'enregistreur est entraînée horizontalement par un câble, qui passant sur les poulies Q et O est attaché à une touche A, qui suit le mouvement du porte-outil J. La poulie Q est différentielle pour amplifier la course.

» Les abscisses tracées sur le papier par le crayon F seront donc proportionnelles à la course de l'outil et la courbe enregistrée représentera très exactement le travail

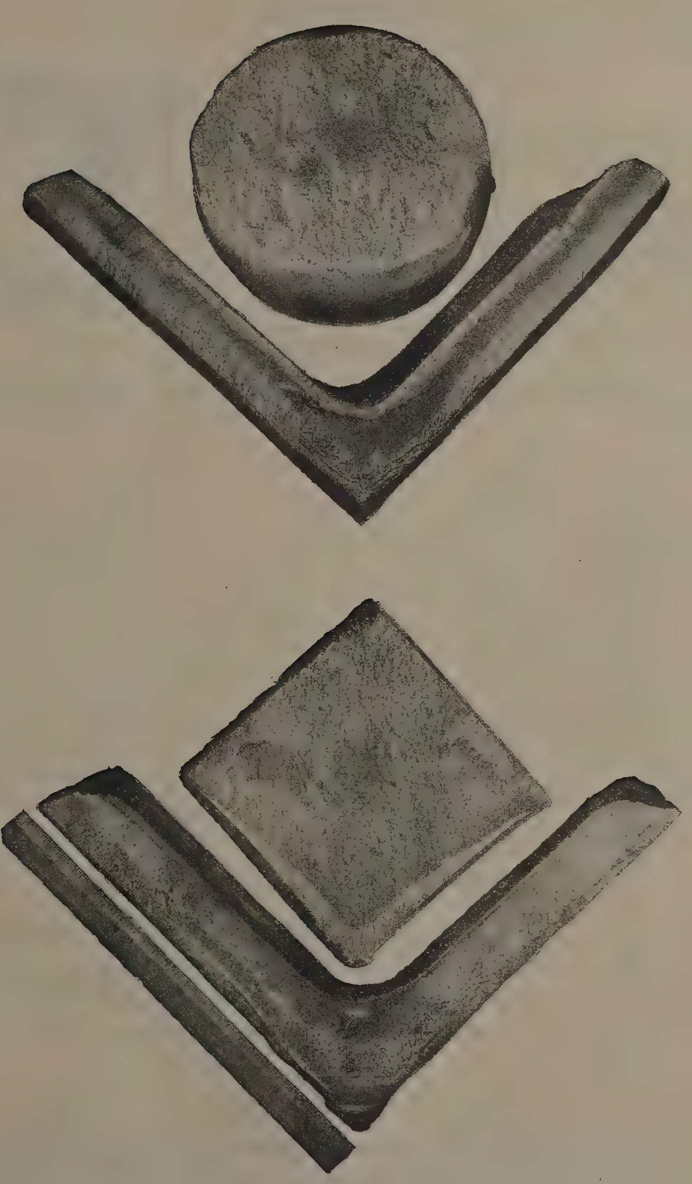
Fig. 2.

Section d'un morceau de fer montrant les phénomènes successifs du poinçonnage.

Fig. 4.



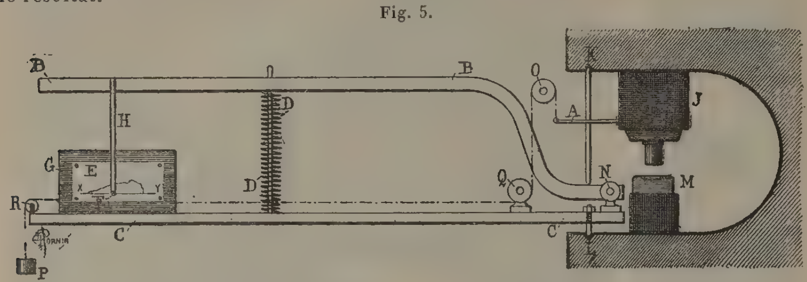
Section d'un morceau de fer montrant les phénomènes successifs du cisaillement.



Cisaillements de fers : rond, carré et cornière, exécutés avec des lames profilées.

nécessaire pour l'opération exécutée, sans intermédiaire hydraulique ou autre faussant le résultat.

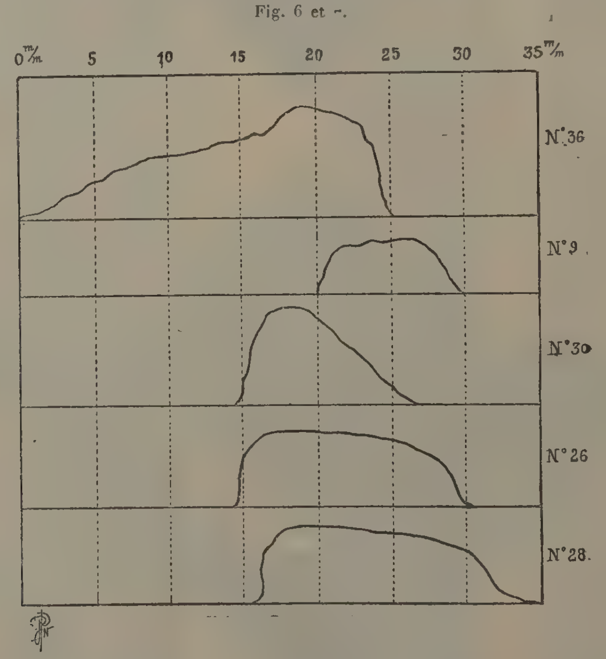
Fig. 5.



Élasticimètre enregistrant le travail dans le poinçonnage et le cisaillement.

» La *fig*. 6 est une courbe de poinçonnage. La *fig*. 7 est une courbe de cisaillement.

Fig. 6 et 7.



Diagrammes de poinçonnage et de cisaillement.

» Il est à remarquer que la répétition d'une même opération, exécutée sur un même morceau de métal, donne une nouvelle courbe absolument

semblable à la première, et que le moindre changement de qualité de métal entraîne des changements appréciables dans le diagramme. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Intégration des équations de la lumière dans les milieux transparents et isotropes.* Note de M. E. CARVALLO, présentée par M. Poincaré.

« 1. Si l'on néglige le mouvement de particules pondérables, les équations de la lumière sont :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{d^2 u}{dt^2} - a^2 \Delta u + k^2 u = \Phi - a^2 \dfrac{d\theta}{dx}, \\ \dfrac{d^2 v}{dt^2} - a^2 \Delta v + k^2 v = \Phi_1 - a^2 \dfrac{d\theta}{dy}, \\ \dfrac{d^2 w}{dt^2} - a^2 \Delta w + k^2 w = \Phi_2 - a^2 \dfrac{d\theta}{dz}. \end{cases}$$

» Ces équations sont celles d'une Note antérieure [1], où l'on ajoute les forces Φ, Φ_1, Φ_2 provenant des sources lumineuses [2], variables avec le temps t et le point (x, y, z); ces forces lumineuses sont nulles en dehors des sources. Il en est de même de la condensation $\theta = \frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz}$, comme il est facile de le montrer. D'ailleurs, s'il faut regarder les forces Φ comme connues quand les sources sont données, tandis que la condensation θ doit pouvoir s'en déduire analytiquement par les formules (1), il n'en est pas moins vrai que, pour la connaissance des phénomènes extérieurs aux sources, les seuls qu'on ait abordés jusqu'ici, on ne changera pas la nature du problème en se donnant les fonctions $\Phi - a^2 \frac{d\theta}{dx}, \ldots$.

» Pour simplifier l'écriture, je sous-entendrai les coordonnées y et z, et je représenterai la fonction $\Phi - a^2 \frac{d\theta}{dx}$ par $F(x, t)$.

» 2. PROBLÈME. — *On suppose que, le milieu partant du repos, les forces lumineuses viennent à agir brusquement à partir de l'époque $t = 0$. Trouver, dans ces conditions, les intégrales des équations* (1).

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXII, p. 431; 1891.

(2) POINCARÉ, *Théorie mathématique de la Lumière*, t. II, p. 137 à 139.

» La solution est fournie (c'est là le résultat que je veux signaler) par l'intégrale

$$(2) \qquad u(x,t) = \int_R \frac{f(\xi, t, r)}{r}\, d\tau,$$

étendue aux points ξ intérieurs à la sphère de rayon $R = vt$.

» 3. Si l'on calcule les dérivées de cette expression (2) de u, on obtient

$$(3) \left\{ \begin{aligned} &\left(\frac{d^2}{dt^2} - a^2\Delta + k^2\right) u(x,t) \\ &\quad = \int_R \left(\frac{d^2}{dt^2} - a^2\Delta + k^2\right) \frac{f(\xi,t,r)}{r}\, d\tau + 4\pi a^2 f(x,t,r=0) \\ &\qquad + \int_R \frac{d\sigma}{R}\left[(v^2-a^2)\left(1+\frac{\partial}{\partial n}\right) + (v^2+a^2)\frac{\partial}{\partial R} + 2v\frac{\partial}{\partial t}\right] f(\xi,t,R). \end{aligned} \right.$$

» Dans la première intégrale du second membre de cette formule, les dérivations de $\Delta = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2}$ portent sur r seul et non sur ξ. La seconde intégrale est étendue à tous les éléments $d\sigma$ de la surface de la sphère de rayon $R = vt$, qui a pour centre le point x; $\frac{\partial f}{\partial n}$ représente la dérivée de la fonction $f(\xi)$, quand le point ξ se déplace sur la normale à la sphère.

» 4. La formule (3) doit être identifiée avec la première des formules (1). Pour cela, on doit annuler l'intégrale de volume, l'intégrale de surface, puis égaler à $F = \Phi - a^2 \frac{d\theta}{dx}$ le terme non soumis au signe $\int$. D'ailleurs, dans l'intégrale de surface, on doit égaler à zéro le terme unique en $\frac{\partial f}{\partial n}$, en sorte que cette intégrale fournira deux équations d'identification au lieu d'une. On aura donc, en supprimant sous les signes f et F les lettres ξ et x devenues désormais inutiles,

$$(4) \qquad 0 = \left(\frac{d^2}{dt^2} - a^2\Delta + k^2\right)\frac{f(t,r)}{r} = \left(\frac{d^2}{dt^2} - a^2\frac{d^2}{dr^2} + k^2\right) f(t,r),$$

$$(5) \qquad 0 = v^2 - a^2, \qquad \text{d'où} \qquad v = a,$$

$$(6) \qquad 0 = \left(\frac{\partial}{\partial t} + a\frac{\partial}{\partial R}\right) f(t, R = at) = \frac{d}{dt} f(t, at),$$

$$(7) \qquad 4\pi a^2 f(t, r=0) = F(t), \qquad \text{d'où} \qquad f(t, r=0) = \frac{F(t)}{4\pi a^2}.$$

» L'équation (4) signifie que la fonction inconnue $f(t, r)$ est une inté-

grale de cette équation. C'est l'équation même de la lumière, en supposant l'absence de sources et le mouvement lumineux fonction de la seule distance r au point x. La formule (5) signifie que la vitesse de propagation est a, la même que si l'on supprimait les actions $k^2 u$, ... de la matière pondérable sur l'éther. C'est le résultat important découvert par M. Poincaré ([1]). Les formules (6) et (7) fournissent deux conditions, auxquelles doit satisfaire l'intégrale $f(t, r)$ de l'équation (4). Elles déterminent les deux fonctions arbitraires qui entrent dans cette intégrale. La fonction $u(x, t)$ est alors déterminée et l'on vérifie qu'elle satisfait aux conditions initiales, savoir que, pour $t = 0$, on a

$$u = \frac{du}{dt} = 0.$$

» 5. Le problème est ainsi réduit à déterminer l'intégrale de l'équation (4) qui satisfait aux conditions (6) et (7). La condition (6) donne

$$f(t, at) = \text{const.}$$

Or, quand t diminue jusqu'à zéro, cette fonction tend, d'après la formule (7), vers $\frac{F(+0)}{4\pi a^2}$, $F(+0)$ représentant, non pas zéro, mais la valeur initiale de la force F.

» En résumé, le problème sera entièrement résolu par la formule (2), dès qu'on aura trouvé l'intégrale $f(t, r)$ de l'équation (4) qui satisfait aux conditions

$$f(t, r = 0) = \frac{F(t)}{4\pi a^2}, \tag{7}$$

$$f(t, at) = \frac{F(+0)}{4\pi a^2}. \tag{8}$$

Il se simplifie quand on suppose $k = 0$; on trouve alors, pour l'intégrale (2),

$$u(x, t) = \int_R \frac{f\left(t - \frac{r}{a}\right)}{r} d\tau.$$

» Pour $k \neq 0$, l'intégration est plus difficile, mais peut être effectuée par la méthode de M. Picard ([2]). »

([1]) *Comptes rendus*, t. CXVII, p. 1027; 1893.

([2]) *Journal de Mathématiques*, Chap. II; 1890.

ÉLECTRICITÉ. — *Force électromotrice d'aimantation.* Note de M. D. **Hurmuzescu**, présentée par M. Lippmann.

« Lorsque, entre deux électrodes formées d'un même métal magnétique sans force coercitive, plongées dans un liquide susceptible de les attaquer, on introduit une différence d'aimantation, il se produit une force électromotrice. Tous les expérimentateurs qui ont opéré avec des champs magnétiques suffisamment forts, ont pu voir cette force électromotrice d'aimantation, mais, quant au sens, tous ne sont pas d'accord ([1]). Ainsi, tandis que MM. Nichols-Franklin, Gross, Andrews ont trouvé que le fer le plus aimanté se trouve négatif par rapport au fer le moins aimanté, c'est-à-dire que le fer aimanté se comporte comme le zinc dans une pile de Daniell, MM. Rowland-Bell, Squier, et les recherches théoriques de MM. Janet et Duhem donnaient justement le contraire.

» J'ai repris ces expériences dans les conditions suivantes : l'électrode prenait contact avec le liquide par une surface bien polie et d'orientation déterminée par rapport au champ magnétique; pour cela, j'ai employé des électrodes en fil jusqu'à 1^{mm} de diamètre, obtenues à la Wollaston; le bout de l'électrode était poli sur du papier d'émeri fin. Les deux électrodes ainsi préparées étaient fixées dans les deux branches verticales d'un tube de verre, et dont la partie horizontale était tenue dans un support isolé de manière qu'une des électrodes se trouvait entre les pièces polaires d'un fort électro-aimant, l'autre étant en dehors du champ magnétique. Dans ce tube, il y avait une dissolution très étendue d'acide acétique ou oxalique dans de l'eau distillée et exempte d'air.

» Pour la mesure des forces électromotrices, je me suis servi de l'électromètre capillaire comme appareil de zéro. Cet instrument a de sérieux avantages sur les galvanomètres dans ce genre d'expériences, puisqu'il permet d'employer des liquides qui contiennent très peu d'acide, de sorte que l'action chimique est beaucoup plus lente, donc plus régulière; les phénomènes de polarisation n'ont plus grande action tandis que le phénomène de la variation de résistance, par suite d'une orientation dans le champ magnétique des sels de fer formés, se trouve tout à fait supprimé.

» La seconde quantité qu'on mesurait, c'est H, l'intensité du champ magnétique, par la méthode du galvanomètre balistique.

([1]) Voir l'historique de la question, dans les *Annales de Chimie et de Physique.*

» L'intensité d'aimantation J était exprimée par $\frac{kH}{1+2\pi k}$ pour des fils cylindriques et infiniment longs.

» Théoriquement, on peut obtenir l'expression de cette force électromotrice d'aimantation par l'application du principe de la conservation de l'énergie et en se basant sur certaines hypothèses

$$E = \frac{l}{2\delta}\frac{J^2}{k} - \frac{l'}{2\delta'}\frac{J'^2}{k'}, \tag{1}$$

l, δ; l', δ' étant les valeurs de l'équivalent électrochimique et du poids spécifique dans l'électrode considérée et dans le sel de fer formé par la réaction chimique; k et k' des valeurs moyennes d'une certaine fonction de l'aimantation (la susceptibilité magnétique) dans l'électrode et dans le liquide.

» Voici maintenant les résultats des nombreuses expériences exécutées sur les différents échantillons de fer, de nickel, et de bismuth.

» L'électrode à la Wollaston normalement au champ magnétique prend contact avec le liquide par son extrémité inférieure. Pour tous les métaux employés, la force électromotrice est indépendante du sens de l'aimantation.

» *Pour le fer.* — Le fer aimanté est toujours positif par rapport au fer non aimanté. Les valeurs de cette force électromotrice pour les différentes valeurs du champ magnétique sont comme dans l'exemple suivant :

E.	H.		E.	H.
5	397		155	3068
22	739		165	3321
44	1263	E en 10^{-4} volts.	172	3682
79	1781	H en unités C.G.S.	176	3718
87	2038		198	4729
106	2268		210	5436
113	2452		222	6240
124	2512		229	7040

» Si l'on construit une courbe en prenant E en ordonnée, on voit qu'elle a un point d'inflexion pour $H = 2400$. Toutes les courbes obtenues ont la même allure avec un point d'inflexion plus ou moins prononcé. Elles satisfont au moins qualitativement à la formule (1) simplifiée

$$E = \frac{l}{2\delta}\frac{I^2}{k}, \tag{1'}$$

ici l'on peut négliger I'^2 devant I^2.

» *Pour le nickel.* — La courbe des forces électromotrices en fonction du champ magnétique présente la même allure et le même sens que pour le fer, sans présenter de point d'inflexion, et les valeurs de l'ordonnée pour les champs magnétiques moyens ne dépassent pas le millième de volt.

» *Pour le bismuth.* — 1° L'électrode aimantée est négative par rapport à celle non aimantée, la force électromotrice obtenue pour les plus forts champs ne dépassait pas quelques dix-millièmes de volt.

» 2° Si l'on dispose l'électrode à aimanter suivant le champ magnétique et si l'on prend le contact avec le liquide par son extrémité (là où il y a une densité superficielle magnétique par influence); en excitant le champ magnétique de l'électro-aimant, il y a entre les deux électrodes une force électromotrice. L'électrode qui est dans le champ magnétique devient négative par rapport à celle qui est en dehors du champ. Cette force électromotrice, tout en étant plus petite que dans le premier cas, augmente avec la richesse du sel de fer contenu dans le liquide; pour un liquide exempt de sel de fer elle est nulle et même changée de signe dans certains cas.

» Je crois qu'on pourrait expliquer ces anomalies si l'on remarque que, dans la formule (1), en supposant $\frac{l}{\delta} = \frac{l'}{\delta'}$, on a

$$E = \frac{l}{2\delta}\left(\frac{I^2}{k} - \frac{I'^2}{k'}\right); \tag{2}$$

et que, par suite de la force démagnétisante, l'intensité d'aimantation sur l'extrémité de l'électrode disposée suivant le champ magnétique peut devenir très petite, tandis que dans le liquide tout près cette intensité peut avoir une valeur plus grande; de manière qu'on a

$$\frac{I'^2}{k'} > \frac{I^2}{k},$$

et cela d'autant plus que k est beaucoup plus grand que k'.

» De cette manière, dans tous les cas, si l'on tient compte du magnétisme du sel de fer formé par la réaction chimique, le fer aimanté devient positif par rapport au fer non aimanté; de même pour le nickel; et ce serait le contraire pour le bismuth. »

---

(1) Ce travail a été fait au laboratoire des recherches physiques à la Sorbonne.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Détermination des proportions de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie dans les terres, cendres, etc.* Note de M. Albert **Trubert**, présentée par M. Troost.

« On sait qu'un centimètre cube d'une solution normale d'acide azotique ou d'acide chlorhydrique décompose 50^{mgr} de carbonate de chaux ou 42^{mgr} de carbonate de magnésie, en mettant en liberté 22^{mgr} d'acide carbonique, occupant à 0° et sous la pression 760, le volume

$$\frac{22}{1,977746} = 11^{cc},12377;$$

il se forme, en même temps, des azotates ou des chlorures solubles dans l'eau. Cette réaction permet de déterminer le poids total des carbonates de chaux et de magnésie renfermé dans un poids donné de terre et, par suite, le poids de chaque carbonate.

» *Pratique de l'opération.* — On attaque un poids p de terre sèche par de l'acide chlorhydrique étendu et l'on évalue le volume V de gaz carbonique produit à la température t et sous la pression H; on calcule ensuite le volume correspondant V_0 d'acide carbonique sec à 0° et sous la pression 760. En divisant V_0 par 11,12377, on obtient le nombre N de centimètres cubes de la solution normale acide nécessaire pour transformer intégralement les carbonates insolubles en sels solubles.

» On prend ensuite le même poids p de terre sèche et l'on y ajoute N centimètres cubes de la solution normale acide. On filtre lorsqu'il ne se produit plus d'effervescence (la transformation est complète lorsqu'il se produit une coloration violette en présence d'une goutte de solution normale de soude et de phénolphtaléine). On lave le résidu, on le dessèche complètement et on le pèse. Soit p' le poids obtenu; la différence $p - p'$ donne le poids total p_1 des carbonates renfermés dans p de terre sèche. On peut alors calculer les proportions de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie.

» *Première manière.* — Soit x le volume d'acide carbonique à 0° et sous la pression 760 produit par le poids inconnu de carbonate de chaux; soit y celui qui est produit par le carbonate de magnésie. On a

$$V_0 = x + y. \tag{1}$$

» Le poids du carbonate de chaux est, en milligrammes,

$$x \times 1,977746 \times \frac{50}{22} = 4,4948x.$$

Celui du carbonate de magnésie est de

$$y \times 1,977746 \times \frac{42}{22} = 3,7756y.$$

On a donc

$$(2) \qquad p_1 = x \times 4,4948 + y \times 3,7756.$$

» Remplaçant y par sa valeur tirée de (1), il vient

$$x = \frac{p_1 - 3,7756\,V_0}{0,7192}.$$

Par suite, le poids c du carbonate de chaux est de

$$(3) \qquad c = 6,2497\,p_1 - 23,5963\,V_0.$$

On aurait le poids m du carbonate de magnésie par différence ou par la formule

$$m = 23,5963\,V_0 - 5,2497\,p_1.$$

» *Précautions à prendre.* — Le procédé le plus sûr pour obtenir V_0 est de recueillir l'acide carbonique dans une cloche graduée remplie de mercure et placée sur l'orifice inférieur d'une trompe à mercure. On obtient plus simplement des résultats aussi exacts en attaquant la terre dans un flacon de 300^{cc} à 500^{cc} communiquant par un tube à dégagement avec une éprouvette graduée de 100^{cc} remplie d'eau et reposant sur une petite cuve d'eau à niveau constant. Le flacon renferme un petit tube à essai rempli aux $\frac{3}{4}$ d'acide chlorhydrique étendu saturé d'acide carbonique; par une légère inclinaison, on répand l'acide sur la terre.

» L'acide carbonique produit déplace, en vertu de sa grande densité, un égal volume d'air qui passe dans l'éprouvette ([1]).

» *Exemple.* — 1^{gr} de terre donne 84^{cc},5 à 14°, pression 752, soit 78^{cc},265 d'acide carbonique sec à 0°, pression 760; $p_1 = 333^{mgr}$; donc

$$c = 6,2497 \times 333 - 23,5963 \times 78,265 = 234^{gr},4 \qquad \text{et} \qquad m = 98^{mgr},6.$$

» *Seconde manière.* — 1° On détermine le poids des carbonates, soit 333^{mgr};

» 2° On attaque 1^{gr} de terre et on lit le déplacement d'air, soit 84^{cc},5;

» 3° On attaque, dans les mêmes conditions, 333^{mgr} de carbonate de chaux pur, on obtient 80^{cc}. Avec 333^{mgr} de carbonate de magnésie, on aurait $80 \times \frac{42}{50} = 95^{cc},2$; la différence $95,2 - 80 = 15,2$ correspondant à 333^{mgr} de carbonate de magnésie; la différence $84,5 - 80 = 4,5$ correspond à $\frac{333 \times 4,5}{15,2} = 98^{mgr},58$ de carbonate de magnésie; il y a donc 234^{mgr},42 de carbonate de chaux. »

([1]) On peut vérifier qu'il n'y a aucune absorption d'acide carbonique, en recevant le gaz sur de l'eau de chaux filtrée.

CHIMIE AGRICOLE. — *Le phosphate du Grand-Connétable.* Note de M. A. **Andouard**, présentée par M. P.-P. Dehérain.

« L'îlot du Grand-Connétable, situé à 27 milles à l'est de Cayenne, possède un gisement très important de phosphate d'alumine, exploité depuis dix ans par une Compagnie américaine.

» Ce phosphate est venu en France, pour la première fois, en 1893, et il n'a été utilisé jusqu'ici que par l'industrie de l'alun. Il est amorphe, léger, très poreux, d'un jaune rougeâtre ou d'un rouge brique foncé. Il présente la composition centésimale suivante :

Acide phosphorique	39,10
» silicique	1,70
» sulfurique	0,06
» carbonique	traces
Chlore	traces
Alumine	25,59
Sesquioxyde de fer	8,03
Chaux	1,40
Magnésie	traces
Eau, à 105°	21,24
» au rouge	2,50
Non dosé	0,38
Total	100,00

» Bien qu'il soit très sec, ce phosphate perd, à 105°, plus d'un cinquième de son poids d'eau, dont la plus grande partie est à l'état de combinaison. Sa dessiccation doit, par suite, être effectuée à une température un peu inférieure à 100°, lorsqu'on veut évaluer son eau d'imbibition seulement.

» Il ne cède rien à l'eau froide; mais il est très soluble dans les acides et dans le citrate d'ammoniaque, partant, très assimilable. Sous ce rapport, il est supérieur aux divers phosphates de chaux fossiles connus; il imprime à la végétation une impulsion des plus remarquables. L'agriculture pourra tirer un excellent parti de son emploi direct, je me propose de revenir prochainement sur ce point. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la pectase et sur la fermentation pectique.* Note de MM. G. **Bertrand** et A. **Mallèvre**, présentée par M. P.-P. Dehérain.

« La pectase est un ferment non figuré qui détermine la coagulation des sucs végétaux riches en pectine.

» Elle a été découverte par Fremy en 1840 ([1]), à une époque où l'étude des diastases était à peine ébauchée. Aussi le savant chimiste n'a-t-il laissé sur elle que fort peu de renseignements.

» D'après lui ([2]), la pectase existerait sous la forme soluble, dans les racines de carottes et de betteraves, et sous la forme insoluble, dans les pommes et autres fruits acides. En précipitant du jus de carottes nouvelles par l'alcool, la pectase, qui d'abord était soluble, deviendrait insoluble dans l'eau sans perdre cependant la propriété caractéristique de transformer la pectine en acide pectique.

» A ces premières observations, Fremy ajoute que la fermentation pectique n'est accompagnée d'aucun dégagement de gaz; qu'elle se produit à l'abri de l'air, et que la température de 30° est la plus favorable.

» Nous avons pensé, en raison de la grande diffusion et du rôle probablement considérable que la pectase joue dans le règne végétal, que l'étude de cette substance devait être reprise. Cette étude nous a conduit aux premiers résultats exposés dans cette Note.

» Ce qui nous a frappé d'abord, c'est la composition du coagulum gélatineux obtenu en faisant réagir du suc de carottes sur une dissolution de pectine ([3]). Contrairement à ce qui était admis, ce coagulum est formé par du *pectate de calcium* et non par de l'acide pectique. C'est ainsi qu'il est complètement insoluble dans les liqueurs alcalines faibles; il s'y dissout, au contraire, presque instantanément, après avoir macéré dans l'acide chlorhydrique étendu. En outre, la solution chlorhydrique contient de la chaux non précipitable quand on sature la liqueur à l'aide de l'ammoniaque.

([1]) *Journal de Pharmacie,* t. XXVI, p. 392.

([2]) *Encyclopédie chimique; Chimie des végétaux,* p. 34.

([3]) Nous rappellerons ici que la pectine et l'acide pectique sont des corps bien caractérisés : ils ont la même composition centésimale, mais la pectine se dissout dans l'eau en toutes proportions, tandis que l'acide pectique y est complètement insoluble (voir Fremy, *Encycl. chim.; Chimie des végétaux*).

» Il était vraisemblable, d'après cette observation, que la chaux intervenait dans la fermentation pectique. C'est en effet ce qui a lieu. Bien plus, la chaux peut être remplacée par la baryte et la strontiane. Pour le démontrer, il convient d'opérer de la manière suivante :

» A du suc de carottes filtré on ajoute la proportion d'oxalate alcalin exactement nécessaire pour précipiter toute la chaux; il suffit, pour cela, de quelques tâtonnements; la quantité de chaux contenue dans 100^{cc} de suc est, du reste, assez constante et s'éloigne peu de $0^{gr},2$.

» En raison du poids moléculaire très élevé des composés pectiques et du volume énorme que ces composés occupent à l'état gélatineux, cette quantité de chaux est plus que suffisante pour expliquer les réactions que nous allons décrire.

» D'autre part, on se procure de la pectine bien exempte de chaux en l'épuisant à froid, avec de l'alcool à 50°, renfermant 2 pour 100 d'HCl; quand la pectine ainsi traitée ne contient plus traces de chaux, on la débarrasse de l'acide employé par une série de dissolutions dans l'eau pure et de précipitations par l'alcool [1].

» On peut alors constater ce fait fondamental qu'une solution aqueuse de pectine reste indéfiniment liquide, quand on y ajoute du suc décalcifié de carottes, tandis que la moindre addition, au mélange, d'un sel soluble de calcium détermine sa prise en gelée en quelques instants.

» Pour s'assurer qu'une telle transformation de la pectine dépend à la fois de la pectase et du sel calcique, on ajoute à du suc de carottes préparé comme il a été dit plus haut une proportion de chlorure de calcium correspondant, suivant les essais, à une ou deux fois le poids de chaux qu'il contenait primitivement. Cette addition ne précipite pas la pectine. Chacun des mélanges est ensuite divisé en deux parties dont l'une est chauffée cinq minutes à 100°, pour détruire l'activité de la pectase. Finalement, on ajoute un volume d'une solution de pectine à 2 pour 100.

» Tous les mélanges de pectine, de chaux et de suc chauffé restent liquides, comme celui qui ne renferme que la pectine et la pectase, sans sel de calcium. *La chaux ou la pectase, agissant isolément, sont donc incapables de produire la fermentation pectique.*

» Tous les autres mélanges, au contraire, où la pectase est restée ac-

---

[1] Cette dernière partie de l'opération est assez longue; pour aller plus vite, on peut s'arrêter après deux ou trois précipitations et saturer le peu d'acide qui reste par quelques gouttes de potasse étendue.

tive, se prennent en gelée dans un temps d'autant plus court que la proportion de chlorure de calcium est plus forte. *L'action simultanée de la chaux et de la pectase est donc nécessaire pour déterminer la fermentation pectique.*

» Si l'on remplace le chlorure de calcium par du chlorure de baryum ou de strontium bien pur, on observe des résultats semblables.

» Il faut remarquer, toutefois, que ces expériences sont assez délicates, particulièrement avec les sels de baryum. Pour les réussir, il ne faut pas employer de fortes proportions de sels alcalino-terreux, sinon on produit des pectinates peu solubles qui masquent la réaction. Nous donnerons, dans le Mémoire qui paraîtra prochainement, toutes les indications nécessaires à ce sujet.

» En résumé, les premiers résultats des recherches que nous poursuivons sur la pectase établissent :

» 1° Que ce ferment ne peut à lui seul coaguler la pectine;

» 2° Qu'il ne provoque cette transformation qu'en présence d'un sel soluble de calcium, de baryum ou de strontium;

» 3° Car, en effet, le précipité formé dans ces conditions n'est pas, comme on l'avait cru jusqu'à présent, de l'acide pectique, mais un pectate alcalino-terreux ([1]). »

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur un procédé nouveau pour épurer les alcools, les sucres et un certain nombre d'autres matières organiques.* Note de M. E. **Maumené**. (Extrait.)

« Les impuretés des alcools et d'un bon nombre d'autres substances sont d'un poids très faible relativement au poids du corps principal (alcool, sucre, etc.); le rapport atteint rarement $\frac{1}{10000}$. Il est naturel de les soumettre, en vue d'une épuration complète et pratique, à une quantité proportionnelle de l'agent chimique le plus apte à les détruire, si toutefois cet agent chimique n'attaque pas de préférence, ou même simultanément, le corps principal (alcool, sucre, etc.).

» Cette pensée trouve une réalisation certaine par l'emploi du chlore, du brome, à titre de chlorurant, bromurant, etc., ou par l'emploi des oxydants énergiques, formant deux classes : 1° chlore et eau, brome et eau;

([1]) Travail du laboratoire de Chimie du Muséum.

on sait combien facilement ces mélanges donnent une oxydation vive $[Cl + (HO)^n = ClH.(HO)^{n-1} + O]$; 2° oxydants énergiques, acide chromique, chromates acides, etc.; acide permanganique, permanganates, etc.; oxyde de manganèse et acides, etc., etc.

» Le permanganate de potasse, aujourd'hui peu coûteux, réalise, avec une facilité merveilleuse, la destruction des impuretés; celles-ci, encore très imparfaitement connues, sont des corps *sulfurés* (comme l'essence de moutarde ou les analogues) ou *phosphorés* (dérivés des phosphoalbuminates), et d'autres encore.

» Toutes ces substances agissent avec le chlore, le brome, le permanganate, avant l'*alcool* dont je parlerai d'abord.

» Considérons 1^{lit} d'alcool de mauvais goût, versons-le dans l'agitateur [1], mettons-le en mouvement rapide et versons doucement 2^{cc} à 3^{cc} de la solution aqueuse du permanganate, pour les mêler en deux ou trois secondes d'une façon bien intime; suivant le degré d'impureté de l'alcool, on voit la magnifique couleur violette jaunir, brunir; en même temps, il se produit des flocons bruns noirs, d'un oxyde de manganèse MnO^2, Mn^2O^3, etc.

» Le *mauvais goût* diminue et quand on a versé 6^{cc}, 8^{cc}, 10^{cc} de la solution (à $15^{gr},8 = 1000^{cc}$, par exemple), il disparaît entièrement. Le liquide abandonné à lui-même devient limpide et peut être séparé du dépôt noir d'oxyde par simple décantation.

» Si les substances du mauvais goût ont produit un peu d'acide, on ajoute la petite quantité de craie nécessaire pour saturer cet acide, et l'alcool, même avec le sel calcaire plus ou moins soluble, est décanté sans autre opération; son emploi est parfaitement convenable dans la plupart des cas; si l'on désire une pureté absolue, on le distille. Il offre alors ce que l'on n'a jamais obtenu jusqu'ici, de l'alcool tout à fait pur.

» Les vins, blancs et même rouges, peuvent être épurés comme les alcools; les vins rouges ne perdent pas une proportion bien notable de leur couleur, ni aucune de leur bouquet, dont la pureté devient souvent extrême.

» A peine dois-je parler de l'innocuité des résidus laissés dans les alcools, les eaux-de-vie, les vins par le permanganate. On sait depuis longtemps l'existence du manganèse dans les végétaux et dans les substances animales. L'Académie me permettra de rappeler le travail qu'elle a bien accueilli en 1884 [2], où j'ai montré le manganèse dans tous nos aliments (excepté les oignons, les citrons, les oranges), son élimination dans les excréments solides, et l'inutilité de son emploi comme succédané du fer.

---

[1] Décrit dans mon Traité de la *Théorie générale*, p. 510.

[2] *Comptes rendus*, t. XCVIII, p. 1056 et 1416.

Donc, même en cas d'entraînement accidentel du dépôt d'oxyde, on n'a rien à redouter : j'ai plusieurs fois, à titre de preuve, avalé des verres de vin avec leur dépôt manganésien, sans que ma santé en ait paru troublée.

» Ce que l'on obtient pour les alcools n'est pas moins efficacement réalisé pour les *sucres*.

» Une *poudre blanche* n° 3, n° 1, même absolument inacceptable en boisson (eau, café, thé) perd tout caractère d'origine, toute saveur et toute odeur de betterave ou même de canne. Le sucre est absolument pur après un raffinage peu prolongé, seulement assez pour le débarrasser des sels. Les jus bruts, les mélasses peuvent être épurés, mais avec des prècautions qui me prendraient trop de place pour être décrites ici.

» Parmi les substances dont l'épuration peut encore intéresser l'Académie, je dois citer les eaux potables. L'addition du permanganate, proposée dès 1859 par Schrötter pour l'analyse, l'a été dans ces dernières années pour l'épuration. Le service militaire en Algérie débarrasse les eaux saumâtres, destinées à la boisson des troupes, par le permanganate. Des compagnies anglaises fourniraient une eau pure aux habitants de Londres après épuration par le même oxydant.

» Si ces faits sont bien établis, je me borne à confirmer la puissance et la faible dépense du procédé.

» Les deux grandes industries des alcools et des sucres trouvent dans le permanganate un agent chimique d'une bien grande valeur. En effet : 1° sa proportion nécessaire est assez faible pour rendre la dépense d'achat presque nulle; 2° il n'exige l'emploi d'aucun appareil nouveau.

» On ne pourrait citer un second exemple d'une efficacité si grande à un prix si minime.

» Dans une prochaine Communication, je compte présenter à l'Académie les résultats du même procédé sur d'autres substances : huile de foie de morue, pétrole, etc. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence du rayonnement à basses températures sur les phénomènes de la digestion. Frigothérapie.* Note de M. **Raoul Pictet**. (Extrait.)

« Nous avons été amené à étudier d'une façon spéciale les conditions du rayonnement de la chaleur obscure entre $+ 50°$ et $- 165°$, températures que nous pouvons considérer comme limitant la zone utile des

recherches dans notre laboratoire. Nous avons constaté les lois suivantes :

» 1° Tous les corps mauvais conducteurs de la chaleur : laine, coton, soie, bois, carton, charbon en poudre, tourbe, etc., retiennent très complètement le rayonnement de la chaleur obscure émise entre + 50° et — 60° centigrades.

» 2° Entre — 60° et — 80°, ces mêmes corps deviennent de plus en plus diathermanes, au fur et à mesure que les rayons calorifiques sont émis par un corps plus froid.

» 3° Au-dessous de — 100°, on peut considérer que toutes les vibrations calorifiques traversent les corps réputés mauvais conducteurs, comme la lumière traverse le verre.

» Ces faits généraux ayant été établis par de nombreuses expériences, nous avons fait, sur un chien, l'expérience suivante :

» L'animal est entouré d'un sac à parois épaisses, constituées par du coton, de la laine et des tissus appelés *très chauds*. Ces enveloppes protectrices ont plus de 10^{cm} d'épaisseur et garantissent complètement le chien de toutes parts. On dépose le chien au fond de ce sac, environ une demi-heure après lui avoir fait faire un bon repas et avoir constaté qu'il refuse absolument du pain qui lui est offert.

» Le sac, ouvert par le haut, est descendu dans le puits frigorifique dont la température est maintenue constamment entre — 100° et — 110° par le jeu des compresseurs.

» Voici ce qui se passe : Le chien est un corps à + 37°,5, qui émet toutes les ondes calorifiques comprises entre — 273°, zéro absolu, et + 37°,5. Si l'on faisait passer le faisceau de ces ondes calorifiques par un prisme diathermane, le spectre pourrait à peu près se superposer sur le spectre lumineux d'un corps en ignition : les vibrations calorifiques de la base du spectre seraient les homologues des vibrations rouges du spectre lumineux, les vibrations calorifiques voisines de — 273° seraient peu ou point déviées par réfraction. Le chien émet donc un faisceau de chaleur et reçoit à son tour la chaleur rayonnante du puits à — 100° ou — 110°.

» Sur le spectre calorifique, nous savons que toutes les vibrations, comprises entre la base à — 273° et la longueur d'onde correspondant à — 70° environ, traversent presque sans absorption le manteau protecteur du chien; par contre, les vibrations calorifiques caractérisant les températures plus élevées, entre — 70° et + 37°,5, sont absorbées et retenues par les duvets et couvertures du sac.

» Une partie des ondes calorifiques, représentant de l'énergie vibratoire, traverse ainsi les parois protectrices : c'est une cause active de refroidissement. Les parois du puits frigorifique renvoient à l'animal des ondes calorifiques qui vont de — 273° à — 110° et compensent en partie les pertes subies. La différence entre l'apport et la perte de chaleur constitue pour le chien son *bilan calorifique,* qui se solde par une perte sensible. En effet, d'une part, les ondes calorifiques émises par l'animal entre — 70° et — 110° ne sont pas renvoyées par les parois du puits elles-mêmes à — 110°; d'autre part, les ondes calorifiques comprises entre — 110° et — 273° sont, chez le

chien, plus actives, plus intenses que celles qui sont renvoyées par les parois du puits frigorifique, dont la *température absolue* est *notablement plus basse que celle du chien.*

» Tout l'organisme du chien participe à la perte de chaleur, et cela dans toute la profondeur des tissus, car le rayonnement à basse température traverse les tissus du corps avec la même facilité que les étoffes.

» L'équilibre physiologique du chien est ainsi troublé dans des conditions absolument nouvelles, car les plus grands froids constatés dans les deux hémisphères ne dépassent jamais — 48° à — 51°, températures pour lesquelles les fourrures naturelles agissent encore parfaitement comme préservatrices du froid. De plus, dans la disposition adoptée, la peau de l'animal ne subit pas un refroidissement beaucoup plus grand que tout le reste des organes et ne *sert plus d'amorce, par la sensation du froid*, aux mouvements réflexes de défense que la Nature a prévus dans la lutte de l'individu en danger.

» On constate chez cet animal soumis au rayonnement calorifique, quoique protégé par les parois du sac, une augmentation rapide de la respiration et de la circulation : cinq à six minutes suffisent pour lui donner le désir de manger le pain qu'il refusait un instant auparavant. Il semble que, saisi par cette perte soudaine de chaleur, l'individu physiologique se défende en forçant par tous les moyens possibles *la combustion*, et fasse pour cela appel à la nourriture, en stimulant violemment tous les organes de la digestion.

» Cet appétit subit et pressant a été l'effet constant du rayonnement de la chaleur naturelle du chien, dans le puits frigorifique. Nous l'avons constaté sans aucune exception.

» J'ai été ainsi amené à faire l'expérience sur moi-même.

» Depuis 1886, je souffrais de maux d'estomac violents à chaque digestion, maux rebelles aux traitements les plus divers et les plus énergiques. De 1886 à 1894, au printemps, j'avais perdu près de 9^{kg}; le 23 février 1894, je pesais 65^{kg},350.

» Je me mis dans une bonne pelisse, les jambes bien entourées d'une couverture épaisse, de manière à pouvoir cependant lever et abaisser successivement chaque pied sur une planche placée au fond du puits frigorifique. Je gardais la tête et le haut des épaules hors de l'enceinte froide maintenue à —110°.

» Je faisais par minute 40 balancements de jambes, lentement, comme en *battant la semelle,* mais sans y mettre aucune force. L'effet du rayonnement ne provoqua chez moi aucune sensation désagréable de froid à la peau; mais déjà, après quatre minutes de station dans le puits, l'envie de manger apparut, et cet appétit se transforma en une véritable *fringale* après huit minutes.

» Je sortis du puits et fis une petite marche, éprouvant le désir de manger, d'une façon presque douloureuse, comme après un bain très froid en été. Après cinq minutes de marche, une réaction puissante de chaleur dans tout le corps se fit sentir et, pour la première fois depuis plus de six années, je dînai de grand appétit, *sans douleur*.

» Je recommençai huit fois l'opération, éprouvant chaque fois le même effet. Depuis

cette époque, je suis entièrement guéri : en trois mois et demi, j'ai gagné plus de 10^{kg} ; je pèse aujourd'hui $76^{kg},220$.

» J'étudie actuellement la *frigothérapie*, soit l'action physiologique et thérapeutique provoquée par le rayonnement à basse température. »

ZOOLOGIE. — *Sur la morphologie et la classification des Coccidies*. Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« On sait que M. Schneider a divisé les Coccidies en Monosporées, Oligosporées et Polysporées, en admettant que, chez les Monosporées, le contenu tout entier du kyste se transforme en une spore unique à l'intérieur de laquelle se différencient les sporozoïtes.

» Les études que je poursuis depuis plusieurs années, dans les laboratoires de M. le professeur de Lacaze-Duthiers, m'ont montré que cette interprétation, quelque ingénieuse qu'elle soit, n'est pas admissible, et m'ont conduit à des résultats sensiblement différents sur la morphologie de ces organismes.

» Un sporozoïte pénètre dans une cellule, s'arrondit, s'accroît, s'entoure d'une capsule plus ou moins épaisse à l'intérieur de laquelle le plasma se concentre. Puis le noyau perd sa membrane, se divise et donne des noyaux périphériques plus ou moins nombreux, qui font hernie en quelque sorte sur le plasma formatif; celui-ci se creuse de plus en plus dans les intervalles, et il en résulte une série de petites éminences, chacune pourvue d'un noyau.

» Chez les Klossia, les Benedenia, les Pfeifferia, les Eimeria, ce stade est identique ; il y a un nombre indéfini de ces petites éminences nucléées, qui, chez les Coccidium, ne sont qu'au nombre de quatre.

» *Jusqu'à ce stade, toutes les phases du développement sont homologues chez toutes les Coccidies.*

» Mais tandis que, chez les Pfeifferia et les Eimeria, l'éminence nucléée (appelons-la l'*archéspore*) devient directement, en s'allongeant, *un sporozoïte*, chez les autres Coccidies elle s'isole, acquiert une première enveloppe cuticulaire, puis une seconde, devient une *spore*, à l'intérieur de laquelle se forment les sporozoïtes.

» En un mot, on peut définir *l'archéspore*, *une petite éminence du plasma de la Coccidie renfermant un amas chromatique* sans membrane qui provient par mitose du noyau initial de la Coccidie ; cette archéspore donne direc-

tement naissance, chez les *Pfeifferia* et les *Eimeria,* à un *sporozoïte unique,* tandis que chez les autres Coccidies, elle forme un *spore,* c'est-à-dire *un groupe de sporozoïtes.*

» Cette définition, qui montre l'importance morphologique de l'archéspore, ne permet plus de considérer le kyste entier des *Eimeria* comme une spore unique, puisque ce kyste donne naissance à un aussi grand nombre d'archéspores que les *Klossia* et les *Benedenia.*

» Il n'y a pas de Monosporées; il y a des Coccidies qui ont un nombre indéfini d'archéspores, et des Coccidies où ces archéspores sont en nombre limité. On peut ainsi rapprocher les anciennes Polysporées des anciennes Monosporées, rapprochement qui se trouve vérifié encore par un fait tératologique. Chez les *Benedenia* de la Seiche, on trouve des kystes anormaux dans lesquels l'archéspore ne donne pas naissance à une spore, mais à un prolongement uninucléé, qui ressemble à un sporozoïte. Mingazzini, qui les a décrits après Eberth et Schneider, voit dans ces kystes une phase monosporée des *Benedenia;* ceci n'est pas exact, et il ne faut voir dans ces kystes que des spores avortées. Mais cet arrêt de développement nous montre l'importance de l'archéspore et la dégradation parasitaire se traduisant par la suppression du stade *spore* dans l'évolution.

» *En résumé*, le terme *Monosporé* devant disparaître de la terminologie, on pourrait appeler *Polyplastidées* les Coccidies qui ont un nombre illimité d'archéspores, par opposition aux *Oligoplastidées,* chez lesquelles le nombre des archéspores est défini.

» Dans le premier groupe, on établira une distinction entre les Coccidies (*Pfeifferia*, *Eimeria*) chez lesquelles l'archéspore donne directement naissance au sporozoïte; et les Coccidies (*Klossia*, *Benedenia*, etc.) où l'archéspore devient une spore, c'est-à-dire un groupe de sporozoïtes.

» Dans le second groupe, le genre *Coccidium* sera déterminé par quatre archéspores et deviendra le centre des *Tétrasporées*; les genres *Diplospora*, *Isospora*, *Cyclospora* qui ne possèdent que deux archéspores seront des *Disporées*.

» Quel que soit le sort fait aux noms tout à fait provisoires que je donne ici, je pense qu'il est nécessaire de se baser sur l'archéspore pour établir une classification méthodique des Coccidies, l'archéspore étant le stade primitif et nécessaire par lequel doit passer l'élément reproducteur de toute Coccidie. »

GÉOLOGIE. — *Succession des assises tertiaires inférieures sur le pourtour de la protubérance crétacée de Saint-Sever.* Note de M. L. Reyt, présentée M. Albert Gaudry.

« Le terrain nummulitique prend une large part à la constitution géologique de la Chalosse. Sa connaissance dans cette région est due surtout aux recherches de Delbos, d'Hébert et de M. Jacquot.

» Les assises nummulitiques que nous avons particulièrement étudiées dessinent autour du noyau crétacé du pli de Saint-Sever une ceinture interrompue sur le revers nord très faillé et effondré de l'anticlinal. Ces affaissements ont favorisé l'invasion de la mer tongrienne dont nous avons reconnu les traces à Mugron, Nerbis, Arcet, dans les affleurements rocheux du Gabas, sous Banos, et ils ne semblent pas étrangers à la présence de l'Aquitanien à Banos, Toulouzette et Meignos.

» Sur les points où les dépôts superficiels ne masquent pas les observations et où les effondrements, suivant les lignes de fractures qui ont affecté la région, n'ont pas troublé la disposition primitive des assises, on voit les premières couches tertiaires se lier *intimement* aux derniers sédiments crétacés et revêtir une forme lithologique sous laquelle il devient difficile d'établir une limite nette entre les deux séries de formations. L'étude des assises nummulitiques du revers sud du pli de Saint-Sever nous a encore appris que, du moins dans cette partie de la Chalosse, la série qui nous occupe n'avait guère subi que de faibles interruptions durant peut-être toute la période éocène. Du reste, l'inclinaison de ces assises nummulitiques éocènes, la même que celle des couches crétacées sous-jacentes, indique bien que les unes et les autres ont participé aux mouvements généraux qui ont amené le ridement de la contrée.

» La succession que nous avons établie sur le pourtour de la protubérance crétacée de Saint-Sever est une des plus complètes qui puissent s'offrir au géologue dans la région sous-pyrénéenne française. Elle peut se résumer de bas en haut comme il suit :

» *Substratum :* Brèches et calcaires garumniens.

I. — ÉOCÈNE.

» A. SUESSONIEN. — *a.* Thanétien-Sparnacien : 1. Calcaire à *Operculina Heberti*, riche en espèces nouvelles de gastéropodes et de lamellibranches.

» *b*. Yprésien : 2. Calcaire glauconieux à *Nummulites planulata* et *elegans*.

» B. PARISIEN. — *a*. Lutétien : 3. Grès siliceux, avec nombreux cérithes, *Turritella*, *Natica*, etc., à la partie supérieure.

» 4. Calcaire compact peu fossilifère, étroitement lié au nº 5.

» 5. Calcaire blanc à milioles, se chargeant d'alvéolines (*A. melo*, *ovoidea*) à la partie supérieure.

» 6. Calcaire blanc ou lavé de jaune, avec *Alveolina ovoidea*, *oblonga*, quelques nummulites (*N. biarritzensis, Guettardi*) et échinides (*Maretia Jacquoti, Cassidulus Dubaleni*).

» 7. Calcaires glauconieux et marnes siliceuses glauconieuses, avec nombreuses nummulites (*N. biarritzensis, Guettardi*, etc.), rares alvéolines, se chargeant d'orbitoïdes (*O. Fortisi*) à la partie supérieure et passant au nº 8.

» 8. Marnes siliceuses, grises, glauconieuses, avec *Xanthopsis* (surtout *X. Dufouri*); quelques orbitoïdes, *Terebratulina tenuistriata*, *Anomia intustriata*, *Ostrea* de grande taille, etc.

» 9. Marnes et calcaires marneux, gris, glauconieux, avec orbitoïdes (*O. Fortisi*); *Nummulites irregularis, subirregularis*; quelques *Xantopsis*, *Terebratula Delbosi*, *Terebratulina tenuistriata*, *Anomia intustriata*, *Ostrea* de grande taille, etc.

» 10. Argiles et marnes bleues, brunes, souvent tachetées ou lavées de jaune, avec nombreuses operculines et orbitoïdes, alternant fréquemment à l'ouest avec des bancs calcaires à assilines (*A. granulosa*, *Leymeriei*) et nummulites (*N. complanata*, *perforata*, *Lucasana*, etc.), à la partie supérieure.

» 11. Calcaire grossier à milioles, *Alveolina elongata*, *Orbitolites complanata*, *Nummulites Heberti*, *Echinocyamus*, *Lucina* cf. *gigantea*, etc., *Sismondia occitana* (var.) à la partie supérieure.

» *b*. Bartonien. 12. Calcaire d'eau douce ou saumâtre (*Limnæa* cf. *longiscata*, planorbes, néritines, cérithes, etc.)

» C. PRIABONIEN. — *M.-Ch. et de Lapp.* 13. Conglomérât de Palassou ?

II. — OLIGOCÈNE.

» A. SANNOISIEN; *M.-Ch. et de Lapp.* (*Tongrien inférieur*, *Infra-tongrien.*) 14. Lacune.

» B. STAMPIEN (*Tongrien supérieur*, *Tongrien pp. dit.*) 15. Marnes et calcaires à *Natica crassatina*, *Strombus auricularius*, *Delphinula scobina*, *Turbo Parkinsoni*, *Nummulites intermedia*, *Fichteli*, nombreux polypiers, etc.

» 16. Grès calcaires, mollasses et sables à operculines.

» C. AQUITANIEN. — *a*. Inférieur. 17. Calcaire à *Potamides margaritaceus*.

» *b*. Moyen et supérieur? 18. Marnes bleues à *Potamides plicatus*, *corrugatus*, *Neritina Ferussaci*, *Philine* sp., *Lucina incrassata*, *Mytilus aquitanicus*, etc.

» Les assises 1, 5, 6 et 13 (?) rapprochent évidemment cette série de la série nummulique du *Béarn*, des *Pyrénées centrales*, des *Corbières* et de la *Montagne-Noire*, tandis que les nºs 11 et 12 rappellent d'une manière frappante le *calcaire grossier de Blaye* et le *calcaire lacustre de Plassac*. Ainsi, les

assises nummulitiques de la Chalosse (exception faite des marnes et calcaires à *Natica crassatina*, connus depuis longtemps dans d'autres parties du sud-ouest), jusqu'ici regardées comme à peu près isolées des formations synchroniques des régions voisines ou n'ayant généralement avec elles que de vagues rapports, viennent se relier d'une part aux couches nummulitiques des régions précitées, d'autre part aux dépôts éocènes du nord du bassin, et, par l'intermédiaire des lambeaux isolés de l'ouest de la France, à l'Éocène classique du bassin anglo-parisien. »

GÉOLOGIE. — *Sur les calcaires à lithothamnium de la vallée du Chellif.* Note de M. **Repelin**, présentée par M. Fouqué.

« Le terme de calcaire à Mélobésies (lithothamnium) s'applique, en Algérie, à des couches calcaires ou grossièrement gréseuses, assez variables d'aspect et de constitution, dans lesquelles ces algues se montrent parfois très abondantes et que l'on avait considérées comme appartenant à l'Helvétien inférieur. Cette formation joue, dans la plaine du Chellif, un rôle très important et a été décrite par M. Pomel dans le texte explicatif de la carte géologique de l'Algérie; je n'insisterai donc pas sur la description de ce terrain. J'aurai plus tard l'occasion de parler de sa faune, étudiée en grande partie par M. Pomel dans son travail sur la paléontologie de l'Algérie.

» Ce dépôt ne se trouvant pas, dans les régions jusqu'ici explorées, en relation suffisamment nette avec l'un des niveaux bien caractérisés de l'Helvétien, il était naturel de le rapporter, en raison de son analogie avec les calcaires à lithothamnium helvétiens de Vesoul-Bénian, à la partie inférieure de l'Helvétien. La présence, dans la vallée du Riou, au-dessous de ces calcaires, de couches marneuses helvétiennes semblables aux marnes des Bou-Allouane, avait fait dire à M. Welsch [1] qu'ils appartenaient au Tortonien. Mais cette raison n'était pas suffisante, attendu que les marnes dont il s'agit ne présentent pas de stratification et qu'on pouvait les considérer comme un facies de la partie inférieure du calcaire à Mélobésies. Lors même que leur synchronisme avec les marnes de la région de Bou-Medfa eût été établi, rien n'autorisait encore l'attribution des calcaires qui

[1] *Comptes rendus des Séances de la Société géologique de France*, 18 décembre 1893.

les surmontent au Tortonien, plutôt qu'à l'Helvétien moyen ou supérieur.

» J'ai eu l'occasion, au cours de mes études géologiques dans cette région sous la direction du Service de la Carte géologique de l'Algérie, de suivre le calcaire à Mélobésies depuis la plaine du Cheliff jusqu'à Mascara en étudiant pas à pas ses changements de facies latéraux. J'ai pu ainsi l'identifier d'une manière certaine, d'une part avec le Sahélien de Mascara et de l'autre avec celui de la région de Carnot. J'ai été assez heureux pour trouver aux environs de Zemmorah, à la base de ces couches, de nombreux fossiles identiques à ceux du Sahélien des Beni-Rached. Cette faune se présente aussi bien dans le pays des Amamra qu'aux environs de Mendès, où elle se trouve dans un horizon marnosableux correspondant exactement à la description donnée du Sahélien par M. Pomel. De là, on peut suivre cette formation dans le pays des Anatra puis dans les environs de Calaa et d'El-Bordj. Dans le ravin, au-dessous même du village d'El-Bordj, on peut voir avec une grande netteté le passage latéral des calcaires, massifs marmoréens dits à Mélobésies, aux couches marnosableuses sahéliennes contenant la faune des Beni-Rached. De là à Mascara, le facies ne change plus : c'est le Sahélien typique comme aux Beni-Rached.

» J'indiquerai sommairement les relations des couches à Mélobésies avec celles des autres terrains de la région. Ces calcaires se sont déposés en stratification discordante avec tous les terrains sous-jacents. On les voit reposer tantôt sur le crétacé, tantôt sur le tertiaire. Ainsi, au sud d'Orléansville, ils sont en contact direct avec l'Aptien, plus à l'ouest, vers Malakoff, ils reposent sur les poudingues du Miocène inférieur, au sud de Charon, sur les grès de l'Éocène supérieur, etc. De grands mouvements de plissements ont donc eu lieu dans cette région entre le dépôt de l'Helvétien et celui du Sahélien.

En résumé, l'étage sahélien s'étend presque sans interruption depuis la région de Carnot jusqu'à Mascara. La plus grande altitude à laquelle il ait été porté est d'environ 1000^{m} à El-Bordj. Nos connaissances sur cette question ne nous permettent pas encore de généraliser comme l'a fait M. Welsch [1] et de considérer les couches de Ben-Chicao, de Teniet-el-Haad, de Tiaret comme tortoniennes. En effet, ces couches n'ont fourni en aucun point la faune caractéristique du Sahélien, et elles ne sont pas en continuité avec les dépôts tortoniens bien caractérisés des Beni-Rached et de Mascara, les grès de Teniet-el-Haad compris. »

---

[1] *Comptes rendus*, séance du 17 octobre 1892.

SILVICULTURE. — *Influence de la sécheresse de l'année* 1893 *sur la végétation forestière en Lorraine.* Note de M. **Henry**, présentée par M. Chatin.

« La vigueur de la végétation d'un arbre se mesure par son accroissement en hauteur et en diamètre. Le premier est difficile, sinon impossible à mesurer sur les arbres âgés dont l'extrémité de la tige se perd, en général, dans la ramification de la cime; il a, d'ailleurs, dans ce cas, fort peu d'importance, puisque le fût, qui est la partie de beaucoup la plus productive, reste à peu près invariable en hauteur.

» L'accroissement en diamètre, mesuré sur une section transversale, se prête au contraire à une détermination exacte, grâce à la distinction généralement facile et, en tous cas, possible des couches ligneuses annuelles chez nos arbres indigènes.

» L'assise cambiale produit, chaque année, durant la saison de végétation, sur une section transversale quelconque des organes axiles, un anneau ligneux dont l'épaisseur varie, pour une espèce donnée, avec l'âge, la région de l'arbre que l'on considère, l'état de peuplement qui l'entoure, la fertilité du sol et les circonstances atmosphériques. Si l'on examine, sur une section tranversale prise près du sol, les couches ligneuses d'un arbre ayant crû toujours dans les mêmes conditions, on voit au centre quelques couches minces, auxquelles succèdent des anneaux plus larges atteignant bientôt un maximum à partir duquel ils vont en s'amincissant peu à peu jusqu'à la périphérie. Mais, si, au lieu d'une diminution insensible, on observe, dans des couches contiguës, une variation brusque et générale, elle ne peut être attribuée qu'à une cause générale aussi, c'est-à-dire aux circonstances climatériques, puisque les autres facteurs n'ont pas varié.

» Si l'anneau fabriqué par l'arbre en 1893 est notablement plus mince que celui de 1892, on peut en conclure légitimement que ces circonstances ont été moins favorables en 1893 et la nutrition moins active. La somme des manteaux ligneux qui viennent s'ajouter ainsi à chaque arbre constitue la récolte annuelle du propriétaire de bois, récolte d'autant plus abondante que l'épaisseur du manteau, c'est-à-dire de l'anneau ligneux, est plus grande.

» Nous nous sommes proposé de déterminer. aussi exactement que possible, l'influence qu'ont exercée sur la végétation des forêts lorraines ou sur la couche ligneuse qui en est l'expression, les circonstances climatériques de l'année 1893, si remarquable par la sécheresse et la chaleur anormales de son printemps.

» Dans ce but, nous avons mesuré, à $\frac{1}{10}$ de millimètre près, l'épaisseur de l'anneau de 1893 et nous l'avons comparée à celle des anneaux de 1892, qui fut encore une année sèche, déjà pauvre en fourrage, et de 1891 dont les conditions se rapprochent sensiblement de celles d'une année moyenne.

» Il était nécessaire d'opérer, pour chaque espèce d'arbre, sur un grand nombre de

sujets, afin de faire disparaître les anomalies dues à des accidents (bris de branches, dégâts d'insectes, etc.), et de prendre ces sujets dans des peuplements qui n'aient été l'objet, depuis une vingtaine d'années, d'aucune opération culturale, de façon que les phénomènes climatériques pussent être rendus seuls responsables des différences de largeur des accroissements. Ces arbres, d'âge varié mais toujours supérieur à soixante ans, appartenaient aux espèces forestières les plus répandues dans la région, le chêne (*Quercus robur* L.), le hêtre (*Fagus sylvatica* L.), le charme (*Carpinus betulus* L.), et avaient crû sur des sols divers, les uns calcaires, superficiels et filtrants, les autres argileux, profonds et peu perméables. Ces types extrêmes ont été choisis à dessein pour que les différences d'action de la sécheresse sur les sols ressortissent le plus nettement possible.

» Des espèces précitées l'une, le chêne, a l'enracinement pivotant et peut aller puiser les grandes quantités d'eau dont il a besoin dans les couches profondes du sol; l'autre, le hêtre, dont la puissance d'évaporation l'emporte encore sur celle du chêne, est le type des *essences* à enracinement superficiel; le charme a un appareil radiculaire qui tient le milieu entre les deux précédents.

» Voici les principaux résultats de ces mensurations qui ont été faites sur plus de deux cent cinquante arbres :

» I. *Végétation du hêtre en sol calcaire, superficiel et filtrant.* — 37 hêtres, provenant de neuf places d'essai disséminées sur tout le massif de Haye, près Nancy (8000 hectares) et situé sur l'oolithe inférieure, ont fourni :

	1893.	1892.	1891.
	mm	mm	mm
Une épaisseur totale d'accroissement de	39,7	73,7	108,2
Ou, en prenant pour unité l'accroissement de 1891 (ce qui facilite les comparaisons)	36,7	68,1	100,0
11 hêtres d'autres forêts oolithiques	42,6	64,3	100,0
12 hêtres de forêts en sol corallien	30,0	56,0	100,0

» La production de la matière ligneuse n'a atteint en 1893 que le tiers de son taux habituel. Dans les deux années sèches 1893 et 1892, il ne s'est pas formé plus de bois que dans la seule année 1891. Les propriétaires de forêts ont perdu la récolte d'une année.

II. *Végétation du hêtre en sol argileux, profond, peu perméable.*

	1893.	1892.	1891.
25 hêtres ont donné la relation	41	66,7	100

» Ce résultat qu'on ne pouvait prévoir montre que le hêtre a autant pâti dans les sols argileux que dans les sols calcaires, malgré les grandes différences que présentent ces deux types de sols sous le rapport de la faculté d'imbibition.

III. *Végétation du chêne en sol calcaire, superficiel et filtrant.*

		1893.	1892.	1891.
31 chênes (massif de Haye)	ont donné la relation..	61,8	81,4	100
10 » (autres forêts oolithiques)	» » ..	73,5	96,6	100
7 » (forêts en sol corallien)	» » ..	74,6	90,6	100

IV. *Végétation du chêne en sol argileux ou siliceux à grain très fin.*

39 chênes en sol argileux ont donné	71,2	88,8	100
15 » sur grès infraliasique »	76,5	83,0	100

» On voit que la production ligneuse du chêne s'est abaissée aussi en 1893, mais dans une proportion bien moins forte que celle du hêtre. Le rendement atteint les $\frac{3}{4}$ du rendement normal au lieu d'être réduit au tiers.

» Ce fait si frappant ne peut être attribué qu'à des différences spécifiques (enracinement, durée de végétation, etc.), car les chênes ont été pris dans le voisinage immédiat des hêtres et les conditions de station (sol, climat, sous-bois) sont rigoureusement identiques.

» Sur l'argile, l'effet de la sécheresse a été sensiblement le même pour les deux essences que sur le calcaire.

V. *Végétation du charme en sol argileux ou calcaire.*

	1893.	1892.	1891.
17 charmes ont fourni la relation	48,8	86,5	100

» Le charme qui a un enracinement intermédiaire entre celui du chêne et celui du hêtre a souffert de la sécheresse plus que le premier et moins que le second.

VI. *Végétation de l'épicéa.* — On pouvait se demander si les résineux, qui gardent leurs feuilles l'hiver et qui évaporent cinq à six fois moins d'eau que les arbres à feuilles caduques n'avaient pas trouvé dans le sol la faible quantité d'eau qui leur est nécessaire.

	1893.	1892.	1891.
8 épicéas ont fourni la relation	43,6	76,6	100

» La diminution d'accroissement est presque égale à celle du hêtre auquel l'épicéa ressemble beaucoup par son enracinement.

» Toutes les autres espèces examinées (frênes, ormes, bouleaux, cerisiers, tilleuls, érables) ont accusé, en 1893, une diminution plus ou moins considérable.

» *En résumé,* nous croyons avoir démontré que :

» 1° La sécheresse extraordinaire de 1893 a influé d'une manière évidente, en Lorraine, sur la végétation de tous les arbres forestiers aussi bien que sur la plupart des cultures agricoles;

» 2° La production ligneuse de 1893 a été réduite à un chiffre variant entre 30 pour 100 et 76 pour 100 du rendement d'une année normale;

» 3° Cette baisse de production dépend essentiellement de l'enracinement, fort peu de la nature du sol. »

AÉROSTATION. — *Ascension à bord du ballon l' « Archimède » (11 octobre 1894). Diagrammes thermométriques et hygrométriques comparés du gaz de l'aérostat et de l'atmosphère ambiante.* Note de MM. **Gustave Hermite** et **Georges Besançon**, présentée par M. Marcel Deprez.

« Le 11 octobre nous avons exécuté à l'usine à gaz de La Villette, à bord de notre aérostat l'*Archimède* (650^{mc}), une ascension dans le but de comparer, à l'aide d'enregistreurs spéciaux, les variations de la température et de l'état hygrométrique du gaz du ballon avec celles de l'air ambiant.

» Nous avions fait construire, sur nos plans, par la maison Richard, deux appareils enregistreurs identiques, qui présentent cette particularité que le baromètre, l'hygromètre et le thermomètre, superposés sur le même bâti, inscrivent sur un même cylindre d'horlogerie leurs diagrammes respectifs. L'avantage de cette disposition, outre la diminution considérable de poids et de volume, est de donner la concordance des diagrammes quelles que soient les irrégularités du mouvement d'horlogerie.

» Ajoutons que nous avions fait régler et vérifier ces appareils avec le plus grand soin, à l'observatoire de la tour Saint-Jacques.

» Lorsque l'aérostat a été gonflé, nous avons hissé un de ces enregistreurs dans l'intérieur du ballon jusqu'au centre de la sphère de gaz, à l'aide d'une corde. Aussitôt après le départ, nous avons filé, à 5^{m} en dessous de la nacelle, le deuxième enregistreur, qui était disposé dans un parasoleil identique à celui que nous avions employé dans l'ascension à grande hauteur de l'*Aérophile* le 17 septembre 1893 [1].

» Nous sommes partis à $11^{h}7^{m}$ du matin par un ciel uniformément couvert, qui *semblait* intercepter complètement les rayons solaires. Une demi-heure après, nous atteignons, par 800^{m} d'altitude, la limite inférieure des nuages, que nous mettons vingt-huit minutes à traverser. A $12^{h}6^{m}$, par 1150^{m} d'altitude, l'aérostat émerge des vapeurs et flotte sous un ciel bleu foncé parfaitement limpide.

» Au-dessous de nous s'étend la mer des nuages, dont la surface peu ondulée réfléchit les rayons solaires comme un miroir, et nous apercevons aussitôt l'*auréole*, dont nous prenons plusieurs photographies instantanées.

» Nous atteignons peu à peu notre altitude maxima de 1500^{m}. Puis, lorsqu'il ne nous reste plus que la quantité de lest suffisante pour opérer avec sécurité notre des-

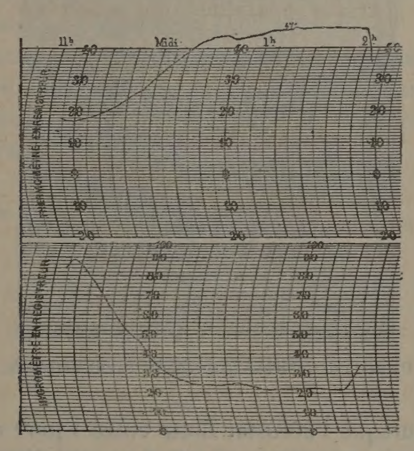
---

[1] Voir *Comptes rendus* du 22 janvier 1894.

cente, nous laissons l'aérostat regagner les niveaux inférieurs. A $1^h 43^m$, par 1300^m d'altitude, l'auréole disparaît et nous plongeons dans les nuages, dont les particules sont visibles à l'œil nu. Nous ressentons une grande humidité. A 800^m de hauteur, nous avons traversé le dôme de vapeurs qui nous sépare de la surface terrestre que nous apercevons. A 300^m, nous remontons à bord l'enregistreur inférieur et son parasoleil. A $2^h 17^m$, l'aérostat nous dépose mollement dans la propriété de M. Soubiran, à la lisière même de la forêt de Fontainebleau. Nous sommes à Dammarie-les-Lys, à 3^{km} de Melun (Seine-et-Marne).

» A notre arrivée, nous avons détaché des enregistreurs les papiers gradués sur lesquels se trouvaient inscrits les diagrammes que nous avons l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie.

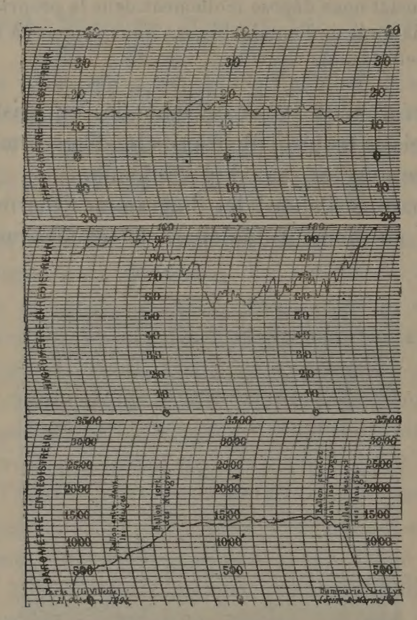
» Si nous comparons d'abord les diagrammes thermométriques, nous voyons qu'à terre, au moment du départ, la température de l'air était de



Diagrammes de la température et de l'état hygrométrique dans l'intérieur du ballon.

$+14°$ centigr., tandis que celle du gaz de l'aérostat était de $+18°$. Pendant les premiers moments de l'ascension jusqu'à 500^m d'altitude, la température de l'air *s'élève* à $+15°$, tandis que celle du gaz *descend* à $+17°$. D'après les lois de la Thermodynamique, l'abaissement de la température du gaz de l'aérostat, passant de la pression 760^{mm} à la pression 715^{mm}, aurait dû être plus considérable; nous pensons qu'il faut attribuer cette anomalie au rayonnement invisible du Soleil à travers la couche des nuages. L'inspection de la suite des thermogrammes confirme cette manière de voir. En effet, à partir de ce point, le ballon s'élève avec lenteur sous l'influence

d'un jeu de lest modéré, et la température du gaz augmente graduellement jusqu'à atteindre $+25^\circ$ à la limite inférieure des nuages, tandis qu'à ce moment le thermomètre extérieur marque seulement $+14^\circ$. A la limite supérieure, le gaz est déjà à $+37^\circ$, tandis que la température de l'air est



Diagrammes obtenus avec l'enregistreur extérieur.

de $+15^\circ$. Enfin, lorsque l'aérostat flotte entre 1400^m et 1500^m en plein rayonnement solaire, la température du gaz est tellement élevée que le style du thermographe a dépassé les limites du papier gradué fixé sur le cylindre d'horlogerie. Heureusement, ce style a continué son inscription sur le métal du cylindre qui était un peu plus élevé que le papier, de sorte que cette partie intéressante du diagramme n'a pas été perdue. La température du gaz se maintenait alors entre 46° et 47°, tandis que celle de l'air variait entre 13° et 19°, soit une différence de 28° à 34°. L'aérostat était ainsi transformé en une sorte de montgolfière.

» Pendant la descente, le gaz s'est refroidi très rapidement ; au moment du contact avec le sol, il n'y avait plus que $35^\circ,5$, tandis que la température de l'air était de $+14^\circ$. Nous avons constaté que le gaz continuait, après

l'atterrissage, à se refroidir, pour arriver à peu près à la température de l'air ambiant au bout de vingt minutes environ.

» La marche de l'hygromètre enregistreur intérieur a été la conséquence de la température élevée qui a régné dans l'aérostat. Il indique que le gaz était presque saturé au départ, 82°; à 1500^m d'altitude, 21° seulement. L'hygromètre extérieur accuse 81° au départ, 92° dans les nuages, pour atteindre, avec de grandes oscillations, un minimum de 52° vers 1500^m. A terre, il y a 99°.

» Les deux diagrammes barométriques étaient absolument identiques. Il aurait fallu des enregistreurs d'une sensibilité extrême, dans le genre du statoscope, pour déceler les légères différences de pression qui doivent exister entre le gaz du ballon et l'atmosphère. Nous n'en avons reproduit qu'un seul.

» Ajoutons enfin que la couleur de notre aérostat était d'un brun clair, à peu près de la nuance d'un cigare de la Havane.

» Nous espérons, sous peu, pouvoir compléter ces expériences, en effectuant avec nos appareils plusieurs ascensions diurnes et nocturnes, dans des circonstances météorologiques variées et avec des aérostats de couleurs et de cubes différents. »

La séance est levée à 3 heures trois quarts. M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 10 décembre 1894.

Bulletin de l'Académie de Médecine. Séance du 4 décembre 1894. Paris, G. Masson; 1 fasc. in-8°.

Essai de Géographie générale, suivi de *Tables se rapportant à la Géographie*, par Christian Granier; 1 vol. in-8°.

Société de Géographie. Comptes rendus des séances, 1894. Séance du 9 novembre 1894. Paris, Société de Géographie; 1 fasc. in-8°.

Travaux du Laboratoire de Léon Frédéricq. Tome IV. 1891-1892. Paris, J.-B. Baillière et fils.

Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles, publiées par la

Société Hollandaise des Sciences, à Harlem, et rédigées par J. Bosscha, Secrétaire de la Société. Harlem, 1894. Paris, Gauthier-Villars et fils; 1 vol. in-8°.

Catalogue of the coins of the Indian Museum. Part. I. *The sultans of Dehli and their contemporaries.* Calcutta, 1894; 1 vol. in-8°.

Analele institutului meteorologic al Romaniei publicate de Stefan C. Hepites, Directorul institutului meteorologic si al serviciului central de mesuri si greutati ale Romaniei. Tomul VIII. Anul 1892. Bucuresti, F. Göbl fii. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894; 1 vol. in-4°.

Thirteenth annual report of the United States geological survey to the secretary of the interior (1891-1892), by J. W. Powell, Director. In three Parts. Part. I: *Report of the Director.* Washington, 1892. Part. I : *Geology* (1890-1891). Washington, 1891. Part. II : *Irrigation* (1890-1891). Washington, 1891. — *Geology* (1891-1892). Washington, 1893. Part. III : *Irrigation* (1891-1892). Washington, 1893; 5 vol. gr. in-8°.